ANNEXE 3

Les outils en appui aux démarches de gestion

Documents utiles pour la gestion des sites pollués

Sommaire

1 Correspondance entre les anciens et les nouveaux textes et outils 7

2 Les outils actualisés 11

3 Les nouveaux outils en appui aux nouvelles démarches de gestion 15

4 Liste des documents élaborés à la demande du Ministère du développement durable en appui aux démarches de gestion 20

5 Autres documents pour la gestion des sites pollués 23

5.1 Les risques et la protection des travailleurs 23

5.2 Les documents relatifs au diagnostic et à la surveillance des milieux 27

5.3 Les documents relatifs à la modélisation 43

5.4 Les techniques de traitement et de dépollution 50

5.5 Communication et concertation avec les parties prenantes 54

6 Les approches sectorielles harmonisées 55

Avertissements

Les outils et les documents mentionnés dans la présente annexe figurent sous la rubrique « Sites et sols pollués » du site du ministère du Développement durable : www.developpement-durable.gouv.fr/-sites-et-sols-pollues-.html

Les versions de référence de ces outils sont celles qui figurent sur ce site.

Au sens de la présente annexe :

- **un outil** est un document élaboré par le Ministère du développement durable qui permet, en fonction de la situation rencontrée, la mise en œuvre des démarches de gestion proposées ;

- **un guide** est un mode opératoire décrivant les protocoles, les techniques et les normes existantes permettant la mise en œuvre des démarches de gestion proposées par les présentes dispositions.

1 Correspondance entre les anciens et les nouveaux textes et outils

Anciens guides et outils	Nouveaux guides et outils
Eléments de cadrage	
Exposé de la politique nationale et mode d'emploi des outils méthodologiques	Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués Annexe 2 de la Note Ministérielle du 08 02 2007 La politique est inchangée. Toutefois, une évaluation de la politique relative à la gestion des sites pollués sur la base d'un retour d'expériences de l'utilisation des outils méthodologiques a été réalisée. Elle a conduit à définir de nouvelles démarches de gestion après une prise en compte des bonnes pratiques dans le domaine et une très large concertation avec l'ensemble des acteurs concernés.
Guides de gestion des sites potentiellement pollués	
Évaluation Simplifiée des Risques	L'ancien classeur a été abrogé excepté certaines parties reprises ci dessous.
Visite préliminaire	La visite du site L'ancien guide a été repris et actualisé.
Diagnostic initial	Diagnostics du site L'ancien guide a été repris et actualisé
Schéma conceptuel	Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement L'ancien guide a été repris et actualisé.
Evaluation Détaillée des Risques	L'ancien classeur a été abrogé excepté certaines parties mentionnées ci-dessous qui ont été reprises et actualisées.
Diagnostic Approfondi	Diagnostics du site L'ancien guide a été repris et actualisé.
Evaluation Détaillée des Risques pour la santé humaine	L'évaluation des risques sanitaires fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion).
Évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines	Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines (ESO) L'évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion). Toutefois, ce guide précise l'ensemble des enjeux liés à la préservation et à la gestion des eaux souterraines.

EDR sur la faune et la flore	EDR sur la faune et la flore L'ancienne version du document, qui n'a jamais été finalisée pour être rendue opérationnelle, sera reprise et accompagnée de modalités de mise en œuvre. La préservation de la biodiversité fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion). En concertation avec les acteurs concernés, sur la base du retour d'expériences de l'EDR sur la faune et la flore, un outil sur la préservation et la gestion de la faune et la flore sera, dans le cadre de la politique nationale, mis au point et accompagné de modalités de mise en œuvre.
EDR sur les bâtiments	Les points traités par l'ancien guide sont intégrés dans le nouveau guide : « Aide à l'élaboration du plan de gestion ».
Guide pour la mise en œuvre des servitudes	Guide pour la mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués Ministère du Développement durable. Janvier 2011 Le guide de mise en œuvre des restrictions d'usage a été actualisé en janvier 2011 afin de tenir compte des évolutions des démarches de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués mises en place en février 2007. La restriction d'usage en matière de sols pollués est une limitation du droit de disposer de la propriété d'un terrain. Cette limitation attachée à une parcelle consiste en un ensemble de recommandations, de précautions, voire d'interdictions sur la manière d'utiliser, d'entretenir, de construire ou d'aménager, compte tenu de la présence de substances polluantes dans les sols. Pour informer durablement les propriétaires successifs d'un terrain pollué, ces règles ont vocation à être transcrites dans les documents habituellement consultés au moment de l'acquisition ou de l'aménagement des terrains : la conservation des Hypothèques et les documents d'urbanisme tels que le plan local d'urbanisme (PLU) notamment. Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement a identifié cinq outils permettant de conserver la mémoire de ces pollutions, soit au niveau de la conservation des Hypothèques, soit au niveau des plans locaux d'urbanisme (PLU) ou plans d'occupation des sols (POS). Ces outils sont : • la servitude d'utilité publique (SUP) ; • le porter à connaissance (PAC) et le projet d'intérêt général (PIG) ; • la restriction d'usage conventionnelle au profit de l'Etat (RUCPE) ; • la restriction d'usage entre parties (RUP). Ces divers outils ont des bases juridiques très différentes, mais ont en commun de permettre la conservation de l'information sur la présence de substances polluantes.

Guide à l'attention des mandataires judiciaires et de l'inspection des installations classées	Guide à l'attention des administrateurs judiciaires, mandataires judiciaires et de l'inspection des installations classées Ministère du Développement durable Ministère de la Justice Conseil National des Administrateurs Judiciaires et des Mandataires Judiciaires (CNAJMJ) Association pour la gestion du régime de Garantie des créances des Salariés (AGS) Mouvement des Entreprises de France (MEDEF) Version 2. Juin 2012 Ce guide, élaboré en concertation entre le ministère du développement durable, le ministère de la justice, le conseil national des administrateurs judiciaires et des mandataires judiciaires, l'AGS et le MEDEF, a été réactualisé en juin 2012 afin de tenir compte des évolutions du code du commerce ainsi que celles du code de l'environnement. Le guide a vocation à faciliter les relations entre les mandataires de justice désignés dans le cadre d'une procédure collective et l'inspection des installations classées, en présentant les missions, objectifs et contraintes de chacun. Il a pour objectif de clarifier des situations complexes. L'administrateur judiciaire, en effet, exerce des fonctions qui concernent la gestion de l'entreprise ; mais ses missions peuvent varier de la surveillance à la représentation du débiteur. Le mandataire judiciaire exerce, quant à lui, des fonctions différentes selon la nature de la procédure ; s'il s'agit d'une procédure de liquidation judiciaire, il aura pour mission de réaliser les actifs du débiteur et d'en répartir le prix entre les créanciers, tout en représentant le débiteur. Dans ce cadre, il sera l'interlocuteur de l'inspecteur des installations classées. Pour faciliter la compréhension de ce contexte particulier, le guide expose successivement: • la politique nationale des sites et sols pollués et les missions de l'inspection des installations classées ; • les différentes procédures collectives et les missions des administrateurs judiciaires et mandataires judiciaires ; • les obligations environnementales des administrateurs judiciaires et mandataires judiciaires dès l'ouverture d'une procédure collective ; • le sort des créances en matière d'installation classée pour la protection de l'environnement ; • les cessions et ventes dans les procédures de sauvegarde, redressement et liquidation judiciaires.
Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives	Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives MEDDTL - IRSN – ASN - 2011 La gestion des sites et sols pollués est l'objet d'actions continues des pouvoirs publics depuis maintenant plusieurs décennies. Dans le domaine spécifique des sites pollués par des substances radioactives, la démarche de gestion était jusque-là définie dans un guide publié en 2001. Afin de prendre en compte le retour d'expérience et les évolutions réglementaires en matière d'environnement et de santé, le ministère chargé de l'écologie et l'Autorité de sûreté nucléaire ont confié à l'IRSN la révision de ce guide méthodologique.

	Un projet a ainsi été mis en consultation publique du 18 novembre 2010 au 31 janvier 2011. Cette première version a ensuite été complétée et améliorée afin de prendre en compte l'ensemble des commentaires reçus, aboutissant ainsi à la version définitive du guide et de ses annexes publiée aujourd'hui. Les modifications apportées ont notamment permis d'améliorer la lisibilité des documents en vue de faciliter l'appropriation de la démarche par l'ensemble des acteurs. Ce guide s'adresse, en premier lieu, aux acteurs directement responsables de la mise en œuvre des différentes étapes de gestion des sites pollués par des substances radioactives : les exploitants industriels et les propriétaires des sites, les bureaux d'étude, l'administration, les collectivités locales et territoriales. Il peut également être utilisé par les autres acteurs et en particulier les associations et usagers des sites afin de renforcer leur implication effective tout au long du processus de décision et notamment lors de la définition des actions d'assainissement et d'aménagement à engager.

La visite du site

Objectifs

La visite du site doit permettre :

- de procéder à une analyse préliminaire des enjeux liés à la présence des polluants en brossant un premier état des lieux,
- de mettre en place les premiers éléments du schéma conceptuel,
- de mettre en œuvre les actions jugées nécessaires au niveau des sources, des transferts ou des usages pour, si nécessaire, réduire les risques immédiats et organiser les actions ultérieures.

Limites

Celles relatives à la collecte d'information en visuel, ou par contact avec des personnes travaillant ou vivant à proximité du site à visiter.

Contenu

Questionnaire type à remplir lors de la (les) visite(s) du site et de ses alentours pour rassembler de manière la plus exhaustive possible :

- des informations sur le site et son environnement,
- des informations relatives aux pollutions et à la vulnérabilité des milieux,
- des propositions d'action.

Lien : La visite du site

Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement

Objectifs et contenu

Identique au document précédent mais adapté aux deux démarches de gestion désormais définies, la démarche d'interprétation de l'état des milieux d'une part et le plan de gestion d'autre part.

La construction du schéma conceptuel constitue l'étape préliminaire indispensable à toute démarche de gestion.

S'agissant de la démarche d'interprétation de l'état des milieux, le schéma conceptuel s'attache à caractériser l'état des différents milieux d'exposition qui sont susceptibles de poser problème au regard de leurs usages constatés.

S'agissant du plan de gestion, le schéma conceptuel évolue de manière itérative d'une configuration initiale, qui consiste à caractériser l'état du site et des milieux concernés par le projet de réaménagement, vers la représentation du projet dans sa configuration finale.

Le schéma conceptuel comprend deux nouveautés, le modèle de fonctionnement et le bilan quadriennal :

Lorsque l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre doit être vérifiée par une surveillance environnementale appropriée, le modèle de fonctionnement intègre les résultats de cette surveillance. Il permet ainsi de passer de l'état des lieux «statique», délivré par le schéma conceptuel, à une vision dynamique de la gestion mise en place en intégrant les résultats de la surveillance environnementale.

Le bilan quadriennal a pour objet, sur la base d'une analyse des résultats de la surveillance environnementale mise en œuvre sur la période quadriennale écoulée, d'asseoir les modalités de surveillance pour les quatre années suivantes.

Lien : Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement

Les outils de diagnostics

Objectifs

Expliciter le processus itératif qui permet de connaître l'état des milieux et les enjeux pour définir une stratégie de gestion propre au site et aux milieux environnants.

Contenu

La démarche de réécriture des deux guides de diagnostic déjà existants s'apparente à une démarche qualité qui vise à actualiser les documents, et à décrire ce qui se fait déjà dans la réalité des pratiques actuelles. Cette démarche s'appuie sur l'orientation « une phase de diagnostic pour un objectif donné ». Les outils de diagnostics ont pour objet la collecte de données ou de connaissances dans le but de caractériser les sources, les voies de transfert et les milieux d'exposition ainsi que de comprendre les mécanismes de propagation des pollutions constatées. Ces diagnostics doivent être réalisés pour permettre :

- de construire et faire évoluer les schémas conceptuels et le modèle de fonctionnement du site, afin de le replacer par rapport à son histoire et son environnement,
- d'analyser les enjeux liés à l'état de pollution du site et des milieux d'exposition, aux usages identifiés, au contexte local et aux valeurs de comparaison pertinentes,
- de quantifier et caractériser les volumes de terres à traiter, et ainsi préparer et organiser les filières de gestion et le chantier de réhabilitation (tri des terres, contrôles, coûts),
- de vérifier les expositions résiduelles,
- de justifier et argumenter le plan de surveillance des milieux à mettre en place.

Le guide traite les aspects relatifs aux diagnostics documentaires et à la recherche des données de terrain, en fonction des différents milieux susceptibles d'être concernés.

Lien : Diagnostics du site

3 Les nouveaux outils en appui aux nouvelles démarches de gestion

L'interprétation de l'état des milieux

Objectifs

Les objectifs de la démarche sont de s'assurer que les milieux étudiés ne sont pas en écart par rapport à la gestion sanitaire mise en place pour l'ensemble de la population française. Ainsi, en cohérence avec les dispositifs de gestion sanitaire et environnementale en place, la démarche d'interprétation de l'état des milieux vise à différencier les situations qui permettent une libre jouissance des milieux, de celles qui sont susceptibles de poser un problème. Cette démarche et son outil associé permettent ainsi de différencier les milieux qui :

- ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire les sites ou les milieux qui permettent la libre jouissance des usages des milieux sans exposer les populations à des niveaux de risques théoriques excessifs,
- peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion,
- nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Limites

Cette démarche et son outil ne doivent pas être utilisés lorsqu'un plan de gestion est d'emblée requis (cessation d'activité d'une installation classée relevant du régime de l'autorisation et sa remise en état pour un usage comparable à la dernière période d'activité, ou pour un autre usage, projets de réhabilitation d'anciens terrains industriels hors installations classées), à la suite d'un plan de gestion et en aucun cas sur le site lui-même.

Contenu

Il s'agit d'une démarche de gestion à part entière qui est progressive et réfléchie à toutes ses étapes. Elle se base notamment sur la connaissance de l'état des milieux acquise par des campagnes de mesures réalisées dans les différents milieux d'expositions susceptibles de poser problème : les sols, les eaux souterraines et de surface, l'air des milieux confinés… et ceci en cohérence avec le schéma conceptuel.

Critères de gestion

S'agissant des aspects sanitaires, ils consistent à comparer les résultats de l'état des milieux :

- à l'état initial de l'environnement,
- à l'état des milieux naturels voisins,
- aux valeurs de gestion réglementaires en vigueur,
- et, si besoin, aux résultats d'une évaluation quantitative des risques sanitaires donnés par la grille de calcul de l'outil IEM.

Les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires sont interprétés à l'aide d'intervalles d'appréciation des risques spécifiquement définis pour la démarche IEM. Ces intervalles ne doivent, en aucun cas, être utilisés pour vérifier l'acceptabilité des plans de gestion.

Concernant les espaces et les ressources naturelles à protéger, la démarche consiste à connaître les contraintes réglementaires fixées pour protéger ces milieux (ZNIEFF, ZICO, NATURA 2000…), puis à mettre en œuvre les mesures de gestion appropriées pour respecter les exigences en vigueur.

Liens : L'interprétation de l'état des milieux – Description - Grille de calcul

L'analyse des risques résiduels

Objectifs

Cet outil définit les modalités de l'évaluation quantitative des risques sanitaires dans le contexte du plan de gestion.

Lorsque les caractéristiques du plan de gestion ne permettent pas de supprimer tout contact possible entre les pollutions et les personnes, alors les risques liés aux expositions résiduelles doivent être vérifiés : l'analyse des risques résiduels (ARR) est l'outil dédié à cette démonstration.

Limites

La question de l'évaluation quantitative des risques sur les expositions résiduelles ne se pose plus lorsque le plan de gestion permet, de façon pérenne, d'éliminer les sources ou de supprimer les voies de transferts entre les sources de pollution et les personnes. Il est de même, lorsque les valeurs de gestion réglementaires ont été retenues en tant qu'objectifs de dépollution pour les milieux ou qu'il est démontré que les expositions résiduelles sont inférieures aux valeurs de gestion réglementaires.

Contenu

L'analyse des risques résiduels est une évaluation quantitative des risques sanitaires menée sur les expositions résiduelles identifiées au travers du schéma conceptuel du projet dans sa configuration finale, c'est-à-dire prenant en compte l'ensemble des mesures de gestion du projet et les scénarii usages futurs du site et des milieux.

S'agissant de projets, l'analyse des risques résiduels sera menée de manière prospective/prédictive : elle se base donc sur l'utilisation de modèles permettant d'estimer par le calcul les niveaux d'expositions résiduelles. Les paramètres et les mesures de gestion, dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du projet, doivent par conséquent être identifiés pour être contrôlés lors de la réalisation du projet.

Si les contrôles réalisés au cours du chantier montrent des variations sur ces paramètres et ces mesures de gestion, variations qui remettent en cause l'acceptabilité des risques, une nouvelle ARR, basée sur le résultat des contrôles de ces paramètres et de ces mesures de gestion, doit être menée.

En tout état de cause, un plan de gestion qui conduirait à des calculs de niveaux de risques inacceptables témoigne d'un projet non abouti qui ne peut être considéré comme valide. Les mesures de gestion doivent donc être reconsidérées et le projet est donc à reprendre.

Les critères d'acceptabilité des niveaux de risques calculés sont ceux qui sont usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé : indice de risque théorique inférieur à 1 (pour les effets à seuil), excès de risque individuel théorique inférieur à 10-5 (pour les effets sans seuil). Les niveaux de risques sont calculés en pratiquant l'additivité des risques en tenant compte de l'ensemble des voies d'exposition et des substances, selon les recommandations des instances sanitaires émises au niveau national.

Lien : L'analyse des risques résiduels

Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement

Objectifs

Dans le cadre de projets d'aménagement, la gestion de terres excavées (utilisation sur le site ou évacuation d'importants excédents de terres excavées) constitue souvent l'un des enjeux majeurs pour le projet et pour l'environnement. Le MEDDTL, le BRGM et l'INERIS présentent un guide exposant les règles de l'art et les modalités sous lesquelles certaines terres peuvent être réutilisées dans une optique de développement durable, de protection des populations et de l'environnement.

Contenu

Ce guide expose les règles de l'art et les modalités sous lesquelles certaines terres peuvent être réutilisées dans une optique de développement durable, de protection des populations et de l'environnement. Ce guide est issu des échanges du groupe de travail mis en place sur la thématique de la réutilisation des terres excavées, initiés 2009 et ceci en cohérence avec la politique française sur les déchets qui s'appuie sur une démarche durable de la valorisation des déchets.

L'inspection des installations classées peut être mobilisée pour des actions d'information et d'inspection.

Les modalités de la démarche décrite dans le guide pourront être revues à l'issue d'un période probatoire en fonction du retour d'expérience reçu.

Documents associés :

- Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement
  BRGM/RP-62856-FR - Décembre 2013

- Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX.
  Réutilisation des terres excavées en techniques routières et dans des projets d'aménagement
  BRGM/RP-60227-FR - Février 2012

  - HYDROTEX. Feuille de calcul à utiliser dans le cadre de la réutilisation des terres excavées en techniques routière et dans des projets d'aménagement
    BRGM - Formats MS-Excel 2003 et 2010
    Février 2012

- Réutilisation des terres excavées sur des projets d'aménagement : élaboration de seuils vis-à-vis des risques sanitaires
  INERIS – DRC-11-115719-09274C – Février 2012

  - Etude spécifique sanitaire
    INERIS – Formats MS-Excel 2003 et 2010
    Février 2012

Lien : Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement

Certification des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués

Guide du donneur d'ordre

Objectifs

Aujourd'hui, les donneurs d'ordre, entreprises privées, collectivités locales, qui ne sont pas tous au fait des problématiques relatives aux sites et sols pollués, ont besoin d'identifier des prestataires spécialisés et reconnus qui pourront répondre à leurs attentes.

Pour une mise en œuvre effective des techniques de dépollution, pour améliorer de manière opérationnelle et réelle la qualité des métiers dans le domaine des sites et sols pollués, le MEDDE a piloté l'élaboration de la norme de services NF X 31-620 de juin 2011 et du référentiel de certification de services des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués adossé à cette norme et établi par le LNE.

Les donneurs d'ordre disposent désormais de documents de référence pour les aider à exprimer leurs besoins. Il s'agit de la norme NF X 31-620 et du référentiel de certification de services des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués, publié par le LNE.

Le présent document est dédié aux donneurs d'ordre pour qu'ils recourent aux prestataires certifiés, afin de s'entourer de compétences reconnues.

Fin 2012, 18 entreprises étaient certifiées par le LNE.

Lien : Guide du donneur d'ordre

Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP

Objectifs

Depuis le début des années 2000, l'urbanisation toujours plus croissante s'étend au droit des anciennes friches industrielles ou à proximité d'installations industrielles. Ce phénomène rend nécessaire l'intégration de dispositions constructives dans de nombreux projets d'aménagement de sites présentant une pollution des sols ou/et des eaux souterraines.

La prise en considération de tels dispositifs s'inscrit dans le cadre de la méthodologie nationale en matière de sites et sols pollués, mise en place par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) depuis 2007.

Les principaux objectifs des mesures constructives sont :

- **assurer durablement l'adéquation d'un usage** (existant ou envisagé) **avec une pollution existante** (cas d'une pollution chronique ou accidentelle migrant hors site) ou résiduelle (cas d'une réhabilitation) au droit d'un site,

- **s'affranchir, autant que possible, de l'évolution réglementaire des référentiels** (évolution tendant en général vers un abaissement des seuils), qui pourrait remettre en cause, à plus ou moins long terme, le niveau d'exposition admis pour les usagers.

Ce guide a pour objectif, de présenter les principales mesures constructives pouvant être mises en œuvre dans le domaine des sites et sols pollués en regard des problématiques liées :

- **aux remontées de gaz de sols depuis la sub-surface,**

- **à la perméation de composés volatils au travers d'une canalisation,**

- **à la pollution des sols de surface, et,**

- **à la corrosion de biens matériels.**

Lien : Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP

4 Liste des documents élaborés à la demande du Ministère du développement durable en appui aux démarches de gestion

Nouveaux guides/documents

Mesures et Modèles : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion de sites pollués
Publication ADEME, BRGM, INERIS – 2006

Les situations de sites et sols pollués sont caractérisées par des enjeux sanitaires, environnementaux, mais aussi par des enjeux en termes de responsabilités impliquant non seulement les exploitants ou les promoteurs mais aussi les pouvoirs publics garants de la santé et de la sécurité publique. Dans ce contexte, les mesures de gestion nécessitent à la fois des critères de prise de décisions explicites, argumentés et transparents ainsi que la mise en œuvre d'actions pertinentes et adaptées.

Critères génériques de qualité des sols et encadrement de la gestion spécifique au site : enjeux, avantages et inconvénients dans le contexte français
Publication ADEME, BRGM, INERIS – 2008

Cette synthèse de différents travaux des trois organismes auteurs récapitule en quoi l'imbrication des outils de gestion prévus dans le nouveau dispositif permet une gestion des sites opérationnelle et cohérente avec les choix de politiques retenus.

Synthèse des valeurs de gestion réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et l'air en France au 1er décembre 2011 - Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° INERIS-DRC-14-142522-01489A – Août 2014

Eléments sur l'origine et le mode d'élaboration des valeurs réglementaires de l'eau, de l'air, et des denrées alimentaires, applicables en France pour les substances chimiques - Rapport d'étude
INERIS - Réf. N°DRC-06-75999/DESP-R1b - Juin 2006

Afin d'accompagner les démarches de gestion des sites et sols pollués mises en place par le courrier ministériel du 8 février 2007, la Direction Générale de la prévention des risques (DGPR) du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a confié à l'INERIS la mission de recenser l'ensemble des valeurs réglementaires de gestion de la qualité des milieux environnementaux et des denrées alimentaires applicables en France. Une première synthèse de la réglementation édictant des valeurs limites de qualité applicables en France au 1er mars 2006 dans les milieux de l'environnement exposant l'homme a été publiée en juin 2006. Cette synthèse a été mise à jour en décembre 2007, en novembre 2009, en décembre 2011.

Le présent document constitue la quatrième mise à jour. Il présente les valeurs réglementant en France au 1er décembre 2013, la qualité des milieux environnementaux et des denrées alimentaires.

Les valeurs réglementaires concernent essentiellement les substances chimiques pouvant être présentes sur les sites pollués par d'anciennes activités industrielles ou artisanales, ou être rejetées par des installations industrielles en fonctionnement et rejoindre le milieu considéré par transfert dans l'environnement.

Les milieux de l'environnement dont l'usage est susceptible d'exposer l'homme à des substances chimiques et dont la qualité est réglementée par des seuils sont :

- l'eau (eaux destinées à la consommation humaine, les eaux de baignade, les eaux piscicoles, les eaux souterraines, de surface, etc.),
- l'air (extérieur et intérieur),
- les denrées alimentaires et les aliments pour animaux.

La démarche d’évaluation des risques sanitaires pour les substances chimiques : origine, objectifs et postulats aux États-Unis - Rapport d’étude
INERIS- Réf. N° DRC-06-75999/DESP-R03a – Décembre 2006

Le rapport rappelle l’origine, les objectifs et les postulats de la démarche d'évaluation des risques sanitaires telle qu’elle a été mise au point par l’Académie de sciences aux Etats-Unis.

Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)
Mars 2009

- VTR disponibles pour les substances ayant fait l'objet d'une fiche de données toxicologiques et environnementales de l'INERIS
- Choix et construction de VTR par l'INERIS » INERIS n° DRC-08-94380-11776C. 17 Mars 2009

Ce rapport présente des tableaux de synthèse des différentes valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles pour les substances ayant fait l’objet d’une fiche de données toxicologiques et environnementales par l’INERIS depuis 2000 (65 substances).

Ce rapport sera mis à jour une fois par an.

Bases de données existantes relatives à la qualité des sols : contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués
BRGM – V0.1. Avril 2008.

Ce document présente l'état des connaissances des données disponibles sur les sols en France. Les bases doivent permettre de replacer les résultats d’analyse de sols sur un site donné dans leur contexte naturel et d'estimer l'ampleur des apports anthropogènes.

Exercice d’évaluation (2004) d’un site non impacté par une activité industrielle particulière : conséquences en termes de fixation de critères génériques de qualité des sols – Rapport d’étude
INERIS – N° DRC-06-75999/DESP-R10 – Décembre 2006

Ce document présente et discute un exercice d'évaluation générique d'évaluation des risques sanitaires sur un site non impacté par une activité industrielle, pour diverses substances et suivant trois scénarii d'usage et/ou de bruit de fond : ferme, résidentiel avec potager, résidentiel avec pelouse seule.

Cet exercice a été effectué comme élément de réflexion du groupe de travail « bruit de fond » du Ministère en charge de l'Environnement entre 2003 et 2005 : il correspond en fait à une évaluation de l'exposition du bruit de fond.

Retour d'expériences sur la gestion des sites pollués en France
VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués - Evaluation et perspective - Rapport d’étude
INERIS - Réf. N° DRC-06-75999/DESP-R11 – Décembre 2006

Dans le cadre de sa mission d'appui au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, l'INERIS apporte un retour d'expériences sur l'application des outils méthodologiques, pour aider à l'amélioration continue de ces outils. Ce retour d'expériences est acquis à travers les Groupes de travail du Ministère du développement durable, la réalisation ou les Tierces-expertises des EDR santé, voire d'ERS d'ICPE, la formation des acteurs, la veille scientifique, R&D.

Le présent document rapporte un retour d'expériences sur l'usage des Valeurs de Définition de Source-Sol (VDSS) et des Valeurs de Constat d'Impact pour les sols (VCI-sols), et d'autres outils génériques pour l'évaluation des sites pollués en France. Ce retour d'expériences aboutit à des perspectives sur les outils méthodologiques, en particulier sur les avantages et inconvénients des approches génériques d'évaluation des sites et sols pollués.

Pollution des sols et aménagement urbain
Guide interactif conçu par l'ADEME et le MEEDDAT. Juin 2009 mis à jour en 2011.

Au cœur de nos villes, de nombreux sites ayant accueilli par le passé des activités industrielles se retrouvent parfois à l'état de friches polluées. Les nécessités d'une reconquête de ces espaces urbains dégradés se trouvent aujourd'hui renforcées par les objectifs de mutation environnementale définis par le Grenelle Environnement. La reconquête de ce foncier contraint est un enjeu majeur de la recomposition des fonctionnalités et des paysages urbains. Elle permet de traiter une situation dégradée d'îlots délaissés qui déstructurent l'espace urbain et de regagner ces espaces qui bénéficient souvent d'une situation géographique propice aux opérations d'aménagement maîtrisé. Cette reconquête participe ainsi très directement à la lutte contre l'étalement urbain, contre le réchauffement climatique et de manière globale aux démarches de développement durable des villes. Conscients de ces enjeux, les collectivités locales et les opérateurs de l'aménagement et de l'urbanisme ne disposent pas toujours d'éléments de méthodes et d'outils pour aborder de façon efficace la réussite d'un projet de reconversion de friches polluées. Réalisé conjointement par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire et l'ADEME, ce guide propose une méthodologie pour mener à bien des projets d'aménagement de friches. Poursuivant un objectif de qualité de ces projets, cette méthodologie lie et articule de manière opérationnelle les différentes phases d'un projet urbain à celles de la connaissance et de la dépollution de ces sites. Elaboré dans le cadre d'un groupe de travail réunissant notamment des collectivités et des aménageurs, ce guide est le résultat de nombreux échanges et de la capitalisation d'expériences et bonnes pratiques de l'ensemble des parties prenantes à ces questions d'aménagement. Le résultat de ces travaux, sous format interactif, se veut résolument pragmatique et permet de promouvoir et de diffuser largement les étapes clés et les outils essentiels à considérer dans la conduite et la réalisation de ces projets de reconversion et de réhabilitation.

Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts-avantages
BRGM. 2010

Cet outil présente les différentes techniques de traitement sur site, hors site et in situ avec leurs avantages et leurs inconvénients : coûts, applicabilité par rapport au couple polluants-contextes hydrogéologiques, caractéristiques, déchets produits…

Maîtrise et Gestion des Impacts des polluants sur la qualité des Eaux Souterraines (ESO)
BRGM. V.0.1. Septembre 2009

L'évaluation Détaillée des Risques sur les eaux souterraines fait partie intégrante des deux démarches de gestion désormais proposées (la démarche d'interprétation de l'état des milieux - IEM - et le plan de gestion). Toutefois, le guide «Maîtrise des impacts et gestion des ressources en eaux» précise l'ensemble des enjeux liés à la préservation et à la gestion des eaux souterraines.

Caractérisation de la qualité de l'air ambiant intérieur en relation avec une éventuelle pollution des sols par des substances chimiques volatiles et semi-volatiles
INERIS - DRC-10-109454-02386B – Juin 2010

En cas de présence dans les sols et/ou les eaux souterraines de substances volatiles et/ou semi-volatiles, la possibilité de remontées de vapeurs vers les bâtiments sus-jacents est souvent une préoccupation majeure en termes de gestion des risques. Dans les cas où un transfert est soupçonné, la mesure directe dans l'air ambiant intérieur (air intérieur) est à privilégier par rapport à une valeur prédite par un modèle de transfert. Il convient de noter que les investigations à mener en air intérieur, principalement en termes de substances recherchées et de localisation des points de mesure, seront conditionnées par les résultats des mesures réalisées dans les sols et/ou les eaux souterraines et/ou les gaz du sol ainsi que par les éléments de l'étude historique du site concerné. Par ailleurs, la représentativité spatiale et temporelle de la mesure et la pertinence des méthodes d'échantillonnage et de mesure mises en œuvre par rapport aux objectifs et au contexte (substances concernées, techniques de prélèvement, limites de quantification et de détection) doivent être assurées avec un plan d'échantillonnage adapté et un contrôle de qualité assurant la cohérence des résultats.

Les moyens et méthodes indiqués dans ce rapport concernent exclusivement la caractérisation de substances chimiques gazeuses dans l'air intérieur pour les populations générales, hors populations concernées par la réglementation en termes d'hygiène du travail. Les lieux concernés dans le cadre du présent document sont les habitations, les locaux recevant du public, dont les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance (crèches, haltes garderies, écoles maternelles, écoles primaires, collèges et lycées, centres de loisirs, etc.) et les bureaux.

5 Autres documents pour la gestion des sites pollués

5.1 Les risques et la protection des travailleurs

Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués
Co-édition ADEME / INRS – Réf. N°ED 866 - Juin 2002 – nouvelle édition

Ce document a été conçu comme un document de référence dans lequel figurent à la fois les principaux textes régissant l'hygiène professionnelle sur ces chantiers et les données techniques acquises au cours des expertises menées séparément ou en commun par l'ADEME ou l'INRS.

Toxon, manuel de toxicologie
Connaître pour agir – mars 2002

TOXON est destiné principalement aux chefs de projet "Sites et Sols Pollués" de l'ADEME et à toutes personnes recherchant des informations dans le domaine de la toxicologie (banques de données).

TOXON a pour objectifs de fournir aux chefs de projet les éléments de toxicologie dont ils ont besoin dans les évaluations détaillées des risques pour la santé (EDR) et dans la prévention des risques professionnels sur les chantiers de réhabilitation des sites industriels pollués. Il est structuré en trois parties. Le premier chapitre présente les notions générales en toxicologie (voies d'absorption, mécanismes d'action, effets toxiques au niveau des organes cibles) : les schémas et tableaux illustrent les explications de ces notions.

Le second chapitre décrit les banques de données toxicologiques de référence (disponibles sur internet) et en donne une démarche pratique d'utilisation pour l'évaluation du risque sanitaire d'une part et pour l'hygiène et la sécurité de l'homme au travail d'autre part. Les organismes de référence dans le domaine de la toxicologie en France constituent le troisième chapitre. Ils offrent un recours possible dans la recherche d'informations spécifiques.

Projet IREA. Traitement des incertitudes en évaluation des risques d'exposition
BRGM/RP-54099-FR – Août 2005

Ce rapport synthétise les résultats du projet IREA (Incertitudes en Risque d'Exposition - ADEME) ; un projet d'accompagnement d'une thèse réalisée à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et intitulée " Représentation et propagation de connaissances imprécises et incertaines : Application à l'évaluation des risques liés aux sites et aux sols pollués ".

Le chapitre 2 présente les principales notions sous-jacentes à ce travail de recherche, en mettant l'accent sur la différence entre variabilité et imprécision, ainsi que les principaux résultats issus du travail de thèse.

Le chapitre 3 décrit l'outil HyRisk, téléchargeable sur le site web du BRGM (http://www.brgm.fr/Hyrisk), qui permet de combiner variabilité et imprécision dans le calcul de risque effectué à partir d'un modèle simple (comme par exemple une équation de calcul de dose d'exposition). Une éventuelle application des résultats de cette recherche à un contexte de communication sur les risques dépendra notamment de la manière dont les différentes parties prenantes perçoivent les risques.

Une étude bibliographique relative à la perception des risques est proposée dans le chapitre 4, réalisée en collaboration avec le bureau d'étude Economie & Humanisme. Cette étude aborde tout d'abord les différents acteurs de la problématique du risque (expert-décideur-profane) et les relations pouvant exister entre ces acteurs. Puis deux exemples, issus de l'expérience du BRGM sur les risques, sont présentés et discutés.

Cette synthèse bibliographique souligne notamment le décalage qui peut exister entre les attentes en termes de communication d'un public de profanes et les formulations issues de l'évaluation des risques exprimées en termes de probabilités et de notions abstraites pour un tel public. Par ailleurs, l'expérience montre qu'il existe un décalage entre la personne qui subit le risque sans pouvoir le mesurer et la personne qui évalue le risque sans le subir. Enfin des conclusions sont proposées ainsi que quelques perspectives de recherche.

Impact de l'utilisation des métaux lourds sur la santé et l'environnement. Contributions du BRGM aux commissions nationales
BRGM/RP-51045-FR – Juillet 2001

A la demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) et dans le cadre de la convention annuelle MATE-BRGM 30/2000 (étude 9), le BRGM a apporté sa contribution scientifique et technique à trois commissions nationales mises en place par différentes instances, à savoir :

- le Conseil national de l'Air, initié par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) du MATE, pour élaborer un avis relatif au cadmium, au mercure et au plomb produits par l'activité industrielle ;
- la "commission" MIQUEL (sénateur du Lot), portant sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé (saisine de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques par l'Assemblée Nationale) ;
- le groupe de travail "dépistage du saturnisme autour des sites industriels et diagnostic", mis en place par le Ministère de la Santé et l'Institut National de Veille Sanitaire.

Les travaux menés par le BRGM en 2000 et 2001, dans le cadre de ces trois commissions nationales, ont essentiellement porté sur :

- les concentrations naturelles en éléments-traces métalliques dans les sols et les roches, qui constituent une source d'exposition des cibles considérées, la santé humaine et l'environnement ;
- les sources industrielles de ces éléments-traces ;
- les modalités d'investigation et d'analyse des concentrations en ces éléments dans les milieux de transfert et d'exposition ;
- les techniques d'évaluation des risques liés à ces sources ;
- la recherche de sites représentatifs de la situation française en matière de pollution de sols par les éléments étudiés (mercure, plomb, cadmium) ;
- les besoins en matière de recherche dans le domaine "métaux-santé environnement".

Programme GESSOL du MATE : Prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation du risque d'exposition aux polluants du sol, rapport d'avancement No. 2
BRGM/RP-50897-FR – Avril 2001

Suite au premier rapport d'avancement qui présentait une synthèse bibliographique sur les modèles d'absorption des métaux par les plantes, ainsi qu'une introduction au problème de la représentation de l'incertitude liée aux paramètres des modèles (approches probabiliste et possibiliste), ce 2ème rapport d'avancement propose une méthodologie permettant de combiner les deux types de représentations dans un même calcul du risque d'exposition de l'homme aux métaux du sol.

Cette méthodologie, qui permet de représenter l'incertitude de manière cohérente avec la nature de l'information dont on dispose dans la pratique, combine l'approche dite " Monte Carlo " d'échantillonnage aléatoire des distributions de probabilité, avec le calcul en nombres flous par découpage. Son application au cas d'un site dont les sols superficiels sont pollués par du Cd, permet d'illustrer les potentialités de la méthodologie proposée, et le type de support cartographique pouvant servir d'élément d'aide à la décision dans un contexte de gestion des sites et sols pollués.

Il est souligné que les calculs présentés dans ce rapport d'avancement sont provisoires, et qu'ils sont susceptibles d'être modifiés par la suite.

Programme GESSOL du MATE. Prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation du risque d'exposition aux polluants du sol - Rapport d'avancement n°3
BRGM/RP-51309-FR – Décembre 2001

Le 1er rapport d'avancement présentait une synthèse bibliographique sur les modèles d'absorption des métaux par les plantes, et une introduction au problème de la représentation de l'incertitude liée aux paramètres des modèles (approches probabiliste et possibiliste).

Le 2ème rapport d'avancement proposait une méthodologie permettant de combiner deux types de représentations de l'incertitude (probabiliste et possibiliste) dans un même calcul du risque d'exposition de l'homme aux métaux du sol. Cette méthodologie était appliquée au cas d'un site industriel dont les sols sont pollués par du cadmium.

Tandis que le 2ème rapport d'avancement traitait le problème de l'évaluation du risque dans le sens direct (détermination du risque correspondant à un état de contamination du sol), le présent rapport d'avancement s'intéresse plus particulièrement au problème < inverse > :

Pour un risque jugé < tolérable >, quelle concentration de polluant du sol peut être considérée admissible ?

Ce rapport présente également, en annexe, une synthèse des différentes manières de combiner les modes de représentation de l'incertitude probabiliste et possibiliste dans le calcul du risque.

Évaluation des risques issus des sites pollués : réglementation et pratiques dans 16 pays européens
BRGM/RP-53716-FR – Avril 2005

Dans le cadre de la politique nationale de gestion et de réhabilitation des sites et sols pollués en France, plusieurs outils techniques ont été élaborés ou sont en cours d'élaboration.

Parmi ceux-ci, les outils relatifs à l'évaluation des risques, font l'objet d'un retour d'expériences régulier pour essayer de les compléter et d'en améliorer l'application.

Certaines questions relatives à des points techniques ou de gestion restent cependant en suspends. D'autres pays étant confrontés aux mêmes problématiques, une veille est entreprise pour apprécier les évolutions, notamment techniques et juridiques, sur les approches développées dans les autres pays mettant en œuvre une telle politique.

Ce rapport est une mise à jour d'une note publiée en 1999 qui fait la synthèse des pratiques dans 16 pays européens.

Une action concertée sur l'évaluation des risques sur les sites pollués (CARACAS - Concerted Action on Risk Assessment on Contaminated Sites, 1996-1998) a été financée dans le cadre du programme Environnement et Climat de la Commission Européenne. Les résultats de cette action concertée ont donné lieu à deux publications :

- l'une sur les bases scientifiques de l'évaluation des risques,
- l'autre sur la réglementation et les pratiques actuelles dans les 16 pays européens ayant participé à CARACAS, à savoir : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse. Ce rapport présente ces derniers aspects légaux.

NB : la méthodologie française a évolué en 2007.

Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas du Royaume-Uni
BRGM/RP-50519-FR – Novembre 2000

Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas des Pays-Bas
BRGM/RP-54370-FR – Décembre 2005

Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas du Canada
BRGM/RP-53626-FR – Janvier 2005

Approches internationales en matière d'évaluation des risques sur les sites pollués - Cas de l'Espagne
BRGM/RP-55070-FR – Décembre 2006

Dans le cadre de la politique nationale de gestion et réhabilitation des sites et sols pollués, la France élabore un certain nombre d'outils techniques qui font régulièrement l'objet de complément et d'amélioration. Certaines questions relatives à des points techniques ou de gestion restent en suspends. D'autres pays étant confrontés aux mêmes problématiques, une veille est entreprise pour apprécier les évolutions, notamment techniques et juridiques sur les approches qui y sont développées.

Après examen de la première synthèse des approches européennes en matière d'évaluation des risques menée de 1996 à 1998 par le projet européen CARACAS, plusieurs études complémentaires ont été menées sur certains pays présentant des particularités intéressantes : structure administrative, passé industriel, expérience accumulée en matière de gestion des sols pollués.

Utilisation des Outils d'Aide à la Décision dans la Gestion des Mégasites
BRGM/RP-55223-FR – Décembre 2006

Le présent rapport a pour objectif de recenser les outils d'aide à la décision disponibles, de faire l'état des lieux des méthodologies existantes pour une gestion optimale des mégasites et d'utiliser ces recherches bibliographiques pour développer une méthodologie de gestion des mégasites.

Les outils d'aide à la décision utilisés en matière environnementale incluent l'évaluation des risques, l'analyse du cycle de vie, l'analyse coût-bénéfice et l'analyse multicritère. Un ensemble de critères complexes doit être considéré pour une gestion durable des mégasites. Ces critères prennent en compte l'impact environnemental, la sécurité, les risques, l'aspect économique, légal, écologique, l'opinion des parties prenantes, etc.

L'analyse multicritère d'aide à la décision semble donc l'outil le mieux adapté pour prendre en considération l'ensemble de ces critères dans le choix du scénario de gestion optimal. Elle peut être couplée à l'analyse coût-bénéfice, souvent utilisée comme outil décisionnel, afin de faciliter le choix du scénario final. (...)

Guide méthodologique de l'arsenic appliqué à la gestion des sites et des sols pollués
BRGM/RP-52066-FR – Octobre 2003

Ce guide a pour objectif de faire le point sur les connaissances actuelles sur l'arsenic et les risques liés à ce polluant. L'objectif de ce travail est de synthétiser et de valoriser l'ensemble des données dans un guide principalement à l'usage des administrations et pouvoirs publics afin de leur fournir un état des connaissances sur l'arsenic.

Ce guide se compose de cinq chapitres couvrant l'ensemble des données actuelles recueillies sur l'arsenic :

- Le chapitre I traite des généralités et en particulier de la toxicité de l'arsenic et des différentes formes chimiques de celui-ci.
- Le chapitre II est consacré aux sources d'arsenic dans l'environnement en faisant une distinction entre les sources naturelles et les sources anthropiques.
- Le chapitre III est axé sur les mécanismes de transfert de l'arsenic et du rôle des bactéries sur la spéciation de l'arsenic.
- Le chapitre IV concerne quelques cas concrets de pollution en France.
- Le chapitre V fait l'état de l'art sur les traitements de dépollution des sols et des eaux.

5.2 Les documents relatifs au diagnostic et à la surveillance des milieux

Protection des eaux souterraines au droit des sites industriels. Réflexions menées en 2003 dans le cadre du groupe de travail national
BRGM/RP-53011-FR – Décembre 2004

La protection des eaux souterraines est un élément incontournable de la mise er place de la politique de prévention des pollutions ponctuelles liées aux activités industrielles. La réflexion engagée au niveau national par le ministère chargé de l'Environnement avec les acteurs publics institutionnels, les utilisateurs et les experts du domaine pour mettre en application la directive eaux souterraines concerne plus particulièrement la prévention des atteintes (surveillance), l'interprétation des données acquises au cours des divers diagnostics et surveillances et la recherche de l'origine d'une pollution. Au cours de la période 2003 se rapportant à la durée de la convention, le groupe de travail relatif à la protection des eaux souterraines (GT-PES) a porté l'essentiel de sa réflexion sur :

- la mise au point d'une méthode de recherche de l'origine d'une pollution des eaux souterraines (cf. chap. 2 et ann. 1) ;
- la clarification des termes point d'exposition, point de conformité et point d'impact - (cf. chap. 3 et ann. 2) ;
- l'évaluation des risques de pollution des eaux souterraines induits par plusieurs sites (cf. chap. 4) ;
- mise au point d'un outil méthodologique pour conserver et interpréter les résultats analytiques du suivi de la qualité des nappe au droit des IC (cf. chap. 5 et ann. 3).

Le présent rapport synthétise les principaux points débattus au sein du GT PES qui sont par ailleurs consignés dans des comptes-rendus de réunions et qui ont pu donner lieu à des documents plus élaborés comme des notes de réflexion et le projet de guide relatif à la méthode de recherche de l'origine d'une pollution des eaux souterraines (GORIPOL).

La pollution des sols liée aux activités de préservation du bois
ADEME – Réf. N°2460 - 1998

Ce guide présente les produits et substances utilisés et les procédés employés dans le domaine du traitement des bois avant d'aborder les différents scénarii de pollutions potentielles qui peuvent se rencontrer. Des exemples de diagnostics de sites pollués viennent compléter le document.

La représentativité des échantillons d'eau prélevés en forages de contrôle
ADEME – Septembre 2005

Ce programme R&D, financé et coordonné par l'ADEME, sur la représentativité des échantillons d'eau prélevés en forage avait pour objectif d'améliorer les pratiques en matière de prélèvements. Les études sur pilotes et sur sites ont été menées parallèlement par plusieurs partenaires scientifiques. Les matériels et procédures de purge et de prélèvement ainsi que le conditionnement des échantillons et l'équipement des ouvrages ont fait l'objet d'une revue détaillée.

Deux protocoles de prélèvement en forage de contrôle sont proposés et discutés : un « protocole simplifié » prenant en compte essentiellement la notion de risque et un « protocole scientifique » prenant en compte essentiellement la notion de diagnostic de pollution.

Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux
Document de travail piloté par l'ADEME et INERIS. Secondes édition - 2014

Ce guide a pour principal objectif de proposer une méthode d'échantillonnage de plantes potagères permettant de disposer d'espèces végétales et d'analyses représentatives des situations environnementales rencontrées.

Il pourra être utile à la conduite d'étude portant sur l'évaluation, à partir de prélèvements, de la qualité sanitaire de productions potagères consommées par l'homme et cultivées dans un environnement potentiellement pollué par une installation industrielle (actuelle ou ancienne), en situation de pollution chronique ou accidentelle. Il apporte aussi une démarche méthodologique visant à apprécier la contribution de l'installation industrielle étudiée sur une éventuelle contamination des cultures potagères.

Base de données BAPPET
ADEME - 2012

BAPPET est une base de données dont l'objectif est de regrouper sur un support unique des informations documentaires relatives à la contamination des plantes potagères par les éléments traces métalliques dans différents contextes de pollution. Ces informations sont issues principalement des publications scientifiques récentes.

La base a été conçue pour mettre les données à disposition des opérateurs en charge des diagnostics environnementaux par le biais de critères discriminants.

Naturellement, d'autres usages et applications de cet outil peuvent être envisagés, mais il appartient aux utilisateurs d'en juger la pertinence. Dans le cadre des diagnostics environnementaux, la base peut permettre de :

- Situer des résultats de mesure spécifiques au site étudié par rapport à des données de la littérature. Les résultats peuvent ainsi être confortés ou bien au contraire mettre en lumière une situation singulière qu'il conviendra alors généralement d'approfondir.
- Evaluer de manière prédictive des concentrations en substances polluantes dans les plantes à partir des concentrations dans les milieux environnementaux.

Campagne nationale Logements - Etat de la qualité de l'air dans les logements français
Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur - DDD/SB - 2006-57. Novembre 2006 mise à jour mai 2007

Après une phase pilote portant sur 90 logements, la campagne nationale dans les logements conduite par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur sur la période 2003-2005 autorise aujourd'hui à dresser un premier état de la qualité de l'air intérieur représentatif de la situation des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale.

Guide méthodologique du projet FLUXOBAT et ses annexes
Novembre 2013
Partenaires : BURGEAP, CSTB, Grand Lyon, LHYGES, IMFT, INERIS, TERA Environnement

Les transferts de COV des sols vers l'air intérieur et extérieur font intervenir des mécanismes physiques dont les dynamiques sont sensiblement différentes entre le sol, le soubassement (et plus particulièrement la dalle en béton) et l'air. La complexité du problème nécessite la clarification des avantages et limites des outils de diagnostics et de modélisation à mettre en œuvre et des recommandations pour leur mise en œuvre (dimensionnement, déploiement et interprétation). Tels ont été les objectifs du projet FLUXOBAT.

Le guide méthodologique, relatif à *l'évaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur*, s'adresse à la maîtrise d'ouvrage de projets d'aménagement urbain, aux gestionnaires de parcs immobiliers, à l'administration ainsi qu'aux prestataires réalisant les études. Il a pour objet de fournir des outils et des méthodes pour diagnostiquer les sites, mesurer et modéliser les impacts associés.

Les recommandations formulées concernent les matrices gaz du sol, air intérieur et extérieur ainsi que les mesures de flux. Elles reposent sur la réglementation, les méthodes et normes existantes, ainsi que sur les enseignements des travaux menés. Elles concernent le dimensionnement, la mise en œuvre et l'interprétation des diagnostics et modélisations réalisées pour l'évaluation des transferts et des impacts.

Projet cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche.

Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface et les produits destinés à l'alimentation humaine en France
INERIS n° DRC-08-94882-15772A. 10 Avril 2009

L'objectif du présent document est de fournir un inventaire des concentrations de bruit de fond dans l'air (air ambiant et air intérieur), dans les eaux de surface et dans les produits destinés à l'alimentation humaine (hors eau de boisson).

Ce travail s'intègre dans le cadre de la mise à jour des outils méthodologiques destinés à l'évaluation des risques sanitaires (sites pollués et installations classées). L'inventaire des données pour les autres milieux (sols et eaux souterraines) a été pris en charge par le BRGM.

Ce document fournit de façon compilée, pour une utilisation rapide, les liens vers les bases de données (pré-) existantes d'une part, et les données disponibles dans d'autres sources documentaires d'autre part. Ces données sont présentées sous forme de tableaux fournis en annexes. Les données recensées sont des données exclusivement françaises.

Cet inventaire traite uniquement des polluants pouvant être émis par les installations classées et susceptibles d'être pris en compte dans les évaluations de risques sanitaires. Une revue bibliographique a été réalisée pour chaque milieu (jusqu'à décembre 2008).

Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes
BRGM – Réf. N° DOC 300 – 2008

Ce guide a pour objectif de faire le point sur les différents facteurs qui influent sur le comportement des polluants dans les sols et notamment ceux qui contrôlent le transfert des polluants vers les ressources en eaux souterraines. Le comportement d'un polluant dans le sol et dans le sous-sol dépend directement de ses propriétés intrinsèques.

Fond Géochimique Naturel – Etat des connaissances à l'échelle nationale
BRGM – Réf. N° RP-50158-FR – Juin 2000

Présentation de l'état des connaissances et des données disponibles sur le fond géochimique naturel en France.

Organo-chlorés aliphatiques. Caractérisation d'une zone source dans les aquifères
ADEME – Programme R&D MACAOH Avril 2009

Ce guide méthodologique propose une démarche permettant de caractériser la zone source des sites et sols pollués par des composés organo-chlorés aliphatiques (milieux poreux comprenant de la phase organique). Deux méthodes sont préconisées, chacune ayant une finalité différente :

- une méthode fondée sur le prélèvement et l'analyse de sols, avec un protocole innovant développé dans le cadre de MACAOH ;
- une méthode fondée sur le prélèvement et l'analyse d'eau, avec diverses techniques de prélèvement multi-niveau.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche…),
- Les donneurs d'ordre (industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels…).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME www.ademe.fr.

Organo-chlorés. Atténuation naturelle dans les aquifères
ADEME – Programme R&D MACAOH – Avril 2009

Ce guide méthodologique propose une méthodologie pour évaluer les mécanismes d'atténuation naturelle des organo-chlorés aliphatiques dans un aquifère comprenant quatre étapes successives, au terme desquelles les différents acteurs de la gestion d'un site pollué doivent décider si l'atténuation naturelle peut être retenue comme solution de dépollution.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche…),
- Les donneurs d'ordre (industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels…).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME www.ademe.fr.

Organo-chlorés. Modélisation de leur devenir dans les aquifères

ADEME – Programme R&D MACAOH – Mai 2009

Ce guide méthodologique propose une aide à la décision pour le choix d'un outil de calcul et précise la démarche à suivre pour qu'une prestation de modélisation réponde aux objectifs fixés dans le cahier des charges par un donneur d'ordre.

Les trois guides méthodologiques MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés) sont destinés à deux utilisateurs :

- Les prestataires (bureaux d'études, organismes de recherche…),
- Les donneurs d'ordre (industriels, aménageurs, collectivités, institutionnels…).

Dans ce contexte, deux niveaux de lecture sont proposés. Les guides méthodologiques sont accessibles sur le site de l'ADEME www.ademe.fr.

Guide méthodologiques pour l'analyse des sols pollués

BRGM – Réf. N° DOC 298 – 2001

Ce guide fait le point sur :

- les différentes substances potentiellement polluantes et les techniques disponibles pour les analyser,
- les contraintes s'appliquant au prélèvement et à la préparation des échantillons,
- les niveaux de sensibilité requis sur l'assurance qualité des résultats et l'accréditation des laboratoires.

Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb

BRGM – Réf. N° RP-52928-FR – Mars 2004

Ce rapport fait le point sur les méthodes et normes d'échantillonnage les plus utilisées pour les sols, avant de proposer une méthode d'échantillonnage plus adaptée à l'investigation des sols pollués au plomb.

Suivi de la qualité des eaux souterraines relative aux installations classées et sites pollués : état des lieux et méthodologie de bancarisation des données

BRGM – Réf. N° RP-53784-FR – Juin 2005

Cette étude permet d'établir une méthodologie de bancarisation des données relatives à la surveillance des eaux souterraines au droit des installations classées et sites pollués au niveau national. Afin d'uniformiser la mise en pratique de la bancarisation dans les différentes régions, des procédures ont été définies pour les étapes de sélection, de collecte et de saisies des données.

Guides du projet de recherche ATTENA –ATTEnuation NAturelle

ATTENA est un projet de recherche sur l'ATTEnuation NAturelle. Il propose un Protocole opérationnel de gestion des sites en cohérence avec le contexte réglementaire français. Dans le cadre du plan de gestion présenté à l'administration, ce protocole favorise la nécessaire concertation entre parties *(administrations, donneur d'ordre, consultant…)* afin de construire une proposition de gestion par atténuation naturelle. Dans une approche contextualisée, le protocole détermine les étapes nécessaires à la démonstration de la faisabilité d'une gestion de site par atténuation naturelle, sans toutefois établir des règles strictes et définitives.

Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures

BRGM RP–53739-FR (Rapport d'avancement) Avril 2005

BRGM RP-54183-FR – (Rapport final) Janvier 2006

L'objectif de cette étude est double :

- dresser l'état des connaissances concernant les mécanismes d'atténuation naturelle des hydrocarbures et des BTEX,
- analyser des sites français ayant pris en compte des phénomènes d'atténuation naturelle.

Ce rapport fait état des résultats des travaux mis en œuvre pour l'analyse du deuxième objectif. Le premier objectif a été traité et est détaillé dans le rapport d'avancement.

Atténuation des métaux à l'aval de sites de stockage de déchets – synthèse bibliographique
BRGM – Réf. N° RP–54417-FR – Déc. 2005

Ce rapport relate des cas réels relevés dans la littérature où les investigateurs ont observé un abattement des concentrations en métaux dans l'environnement et dans la source de pollution, lié à des précipitations de phases minérales qui piègent les métaux.

Surveillance des eaux souterraines au droit des installations classées en milieu karstique
BRGM – Réf. N° RP–54596-FR – Déc. 2005

Ce rapport rappelle la complexité et la vulnérabilité d'un aquifère karstique ainsi que la nécessité d'une prévention d'autant plus efficace. Il avance des arguments en faveur de la surveillance des eaux souterraines en milieu karstique en complément de la prévention. Les connaissances dont il faut disposer pour mettre en place une surveillance pertinente des eaux souterraines d'un karst sont énoncées : identification, caractérisation, évaluation de la vulnérabilité des cibles, particularité du site et de son environnement immédiat. Enfin, un protocole d'actions graduelles est proposé.

Surveillance des eaux souterraines dans le contexte des sites pollués
Association RECORD. Réf. 06-1015/1A, Août 2008

Quelle démarche suivre lorsqu'un Arrêté Préfectoral prescrit la surveillance des eaux souterraines suite à une pollution constatée des sols et/ou des eaux souterraines ? Ce guide apporte aux personnes en charge de la mise en place d'une telle surveillance des réponses concrètes et des recommandations en matière de matériels, de dispositifs (via des fiches aide mémoire), de documents sur lesquels s'appuyer, de réglementation, etc.

Les approches développées dans d'autres pays tels que l'Espagne et le Royaume-Uni viennent enrichir la revue des documents techniques français. En complément, des méthodes de surveillance émergentes sont présentées, ainsi qu'un retour d'expérience de différents acteurs du domaine.

Guide pour l'orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb
INERIS - Réf. N° DRC-57282/DESP-R030f – 27 septembre 2004

Ce guide a pour objectif de fournir des éléments de décision pour orienter les actions à mener autour des sites industriels émetteurs ou ayant émis du plomb et susceptibles de polluer les sols et induire un impact sanitaire sur les populations riveraines. Il illustre la progressivité aujourd'hui recommandée par la démarche IEM.

Proposition pour la prise en compte des limites de détection ou de quantification dans les milieux sources – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-05-57278-DESP/R01a – 26 Avril 2004

Ce rapport établi en collaboration avec ANTEA propose une démarche pour prendre en compte les limites de détection et de quantification dans la préparation et l'interprétation du diagnostic et dans la modélisation de la source pour l'évaluation des impacts.

ConSoil 2003. Diagnostic et évaluation des risques : techniques et méthodes innovantes
BRGM/RP-53681-FR – Février 2005

Cette note reprend les aspects innovants dans le domaine des techniques et méthodes de la caractérisation des sites pollués en distinguant les aspects liés au diagnostic d'une part et à l'évaluation des risques d'autre part. De manière synthétique, une vue sur le contexte d'application, les principes de base des techniques présentées, les avantages gagnés par rapport à des techniques de caractérisation conventionnelles et les perspectives pratiques, est présentée.

Devenir des dioxines dans les sols – Analyse critique de données bibliographiques
BRGM – Réf. N° RP-53070-FR – Mai 2004 corrigé en 2005

Compilation de données concernant la nature et les propriétés des dioxines, les sources d'émission et les récepteurs principaux de pollution. L'étude a concerné également l'identification de processus de dégradation et l'établissement d'une liste d'organismes vivants ayant une influence sur les teneurs en dioxines. Enfin, les modes de transfert des dioxines depuis le sol vers les eaux, les végétaux et le retour potentiel dans la chaîne alimentaire sont évalués.

Dioxines dans les sols français : troisième état des lieux – Analyses 1998-2012

BRGM – Réf. N° RP-63111-FR – Décembre 2013

Le BRGM a été mandaté en 2005 et 2008 par le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie afin de collecter des données disponibles de teneurs en dioxines dans les sols en France métropolitaine et d'en proposer un traitement statistique. Suite à la mise à disposition de données complémentaires, une synthèse actualisée est ici proposée. Ces données permettent de situer des concentrations mesurées lors de suivis de sites, notamment industriels, par rapport à des intervalles de teneurs définies dans cette étude. Depuis quelques années, les émissions de dioxines/furannes dans l'air ont nettement diminué, avec la fermeture d'installations industrielles hors normes et la mise en place de systèmes de traitement des fumées plus performants. Cependant, du fait de la grande persistance dans l'environnement de ces molécules organiques, la réduction des émissions ne se traduit pas corrélativement par une réduction des teneurs au niveau des principaux récepteurs que sont les sols et les sédiments.

Les nouvelles données traitées concernent des campagnes de prélèvement réalisées entre 1998 et 2012 sur le territoire français, dans l'environnement i) des installations d'incinération, ii) de toutes autres installations mettant en œuvre un procédé thermique susceptible de générer des dioxines/furannes (sidérurgie, site chimique,…), iii) de sites ayant été l'objet d'évènements accidentels (feux) et enfin, iv) de sols non industrialisés (milieu rural), de sols en zones urbaines et industrielles pour l'établissement de bruit de fond locaux.

Utilisation du signal magnétique des sols comme outil de cartographie de terrain de pollution métallique. Test méthodologique

BRGM/RP-51425-FR – Décembre 2001

Cette étude, réalisée dans le cadre du PRC Nord -Pas de Calais a consisté à évaluer la possibilité d'utiliser les paramètres magnétiques des sols afin d'établir une cartographie qualitative des impacts d'une pollution atmosphérique autour des usines métallurgiques de Noyelles Godault et d'Auby.

Pour tester cette possibilité, des mesures en laboratoire des paramètres magnétiques que sont la susceptibilité magnétique en champ faible (x), l'aimantation rémanente naturelle (ARN) et l'aimantation rémanente isotherme (ARI) ont été réalisées sur des échantillons dont les teneurs en Plomb, Cadmium et Zinc sont connues. Quelques caractérisations des phases magnétiques présentes dans les sols ont aussi été faites afm de mieux préciser leur nature ainsi que leurs relations avec les polluants métalliques. La comparaison des paramètres physiques seuls (X, ARN, ARI) ou combinés (ARI/x) avec les teneurs en polluants métalliques (Pb et Zn) ainsi qu'en fonction de la distance par rapport à l'usine de Noyelles Godault nous permettent de mieux cerner l'utilisation potentielle de cette méthode physique. La susceptibilité magnétique en champ faible (x) et l'aimantation rémanente isotherme (ARI), même si elles ne présentent pas de corrélation directe avec les teneurs en polluants métalliques présentent une tendance commune de diminution d'intensité lorsque l'on s'éloigne de la source de pollution. Des valeurs fortes de ces paramètres indiquent systématiquement que l'on se trouve dans une zone polluée même si cela reste qualitatif.

Il apparaît donc possible de réaliser une cartographie qualitative des impacts de pollution atmosphérique par l'utilisation de mesures de susceptibilité magnétique sur le terrain. Des mesures en laboratoire de la susceptibilité magnétique (x) et de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) peuvent permettre de préciser ces impacts en utilisant le rapport ARI/Sus. qui apparaît être le mieux corrélé avec les teneurs en Plomb.

Evaluation des performances du spectromètre portable de fluorescence X Niton XL723S (au laboratoire et sur le terrain)

BRGM/RP-53377-FR – Avril 2005

Le spectromètre de fluorescence X portable (FPXRF) utilisé pour cette étude est le Niton XL723S équipé de deux sources radioactives de Cd109 et Am241. Cet appareil d'analyse non destructif est principalement destiné aux analyses directes sur le sol. Un certain nombre d'éléments peuvent être analysés en fonction des sources. Pour des raisons de miniaturisation, le logiciel intégré dans l'appareil ne permet pas d'analyser et de calculer les teneurs de tous les éléments pouvant être analysés par les sources. Au moment de l'achat de l'appareil, un choix des éléments est donc nécessaire. Sur les 71 éléments (49 par la source Cd et 22 par la source Am) pouvant être analysés seulement 25 le sont réellement avec la configuration actuelle du spectromètre 723S :

- 15 par la source Cd : As, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, Zn et Zr.
- 10 par la source Am : Ag, Ba, Cd, Ce, Cs, La, Pd, Sb, Sn, Te.

Les principales interférences rencontrées en spectrométrie de fluorescence X sont dues aux effets physiques de la matrice, à l'humidité et à la porosité de l'échantillon, aux effets chimiques de la matrice...Le logiciel intégré dans le spectromètre de fluorescence X tient compte des interférences entre les différents éléments chimiques pour le calcul des teneurs mais il ne permet pas toujours de toutes les compenser et les teneurs de certains de ces éléments sont sous ou surestimées par rapport aux teneurs réelles. Avec ce type d'appareil, certains éléments sont facilement détectés et quantifiés (Pb, Zn, Fe, Ba, As, Cu...).

Par contre, d'autres éléments ne semblent pas pouvoir être analysés même qualitativement à cause d'une limite de détection élevée due, la plupart, du temps à des interférences avec d'autres éléments (Co, Cr, Ni...). Des éléments comme Mn ou Fe ont des limites de détection élevées (> 400 mg kg-1) mais leur teneur moyenne dans les sols étant supérieures (550 et 26 000 mg kg-1, respectivement) celles-ci ne posent aucun problème pour analyser ces éléments dans les sols. (...)

L'intérêt d'utiliser un appareil de type fluorescence X n'est pas d'obtenir des mesures de terrain identiques à celles du laboratoire mais de pouvoir largement augmenter le nombre de mesures sur le terrain et ainsi, de guider l'échantillonnage des sols et d'améliorer la représentativité de l'état de contamination des sols.

Outils et méthodes physiques et chimiques pour la détection des pollutions dans les sols. Dosage par fluorescence X et par colorimétrie des polluants métalliques et comparaison avec des méthodes d'analyse de laboratoire
BRGM/RR-40312-FR - 1998

Ce travail a été effectué dans le cadre d'un projet de développement de la Direction de la recherche (PRD 602 en 1997 et PRD 603 en 1998). Il a pour objectif d'apporter un soutien logistique aux équipes du Groupe BRGM appelées à intervenir sur des sites potentiellement pollués. Une précédente étude a décrit en détail les opérations de prélèvement, d'extraction, ainsi que les méthodes de dosage rapides pouvant être effectuées sur le terrain. Ces méthodologies de terrain concernent à la fois, le dosage en milieu solide (analyses sols), liquide (aqueux) et gazeux. Elles doivent permettre aux équipes intervenantes d'effectuer un premier diagnostic de l'état d'un site donné et de cadrer les zones éventuellement polluées qui feront ensuite l'objet d'une analyse plus précise au laboratoire. Le présent rapport traite du dosage des métaux lourds dans les sols et en milieu aqueux, il propose une lixiviation rapide (à froid) à l'acide HCI 1N pendant 1 h 30 suivie d'une filtration.

Trois types d'échantillons de sols pollués ont été étudiés, soit en tout 22 échantillons. Les moyens d'analyse étudiés sont la colorimétrie (tests qualitatifs, semi-quantitatifs et quantitatifs) et la fluorescence X. Deux fluorimètres ont été testés : le SYRANO (produit BRGM) et le XMET 920 prêté pour essai par la société METOREX pendant deux jours. Les résultats obtenus par colorimétrie et par fluorescence X seront confrontés à ceux obtenus par analyse ICP au laboratoire (valeurs de référence) sur ces mêmes lixiviats.

Analyse de polluants organiques et organométalliques dans l'environnement
BRGM/RP-53749-FR – Février 2005

Ce projet est appliqué à l'analyse de pesticides et de leurs principaux métabolites dans les eaux et les sols, ainsi qu'à la recherche et l'identification de polluants émergeants dans des effluents de station d'épuration en région Centre. La première partie traite des analyses d'herbicides (triazines, phénylurées, chloroacétanilides) et de leurs produits de dégradation, dans des sols et des eaux superficielles.

Ce développement visait à améliorer les performances analytiques grâce à l'utilisation de nouveaux instruments analytiques (chromatographie liquide et gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en mode tandem). Les performances ont été nettement améliorées avec l'abaissement des limites de quantification dans les eaux à des seuils de 1 à 10 ng/l pour les triazines et les chloroacétanilides et de 5 à 30 ng/l pour les phénylurées, et dans les sols à des seuils de 1 à 3 µg/kg pour les triazines et les chloroacétanilides et 10 µg/kg pour les phénylurées. Ces résultats devraient permettre de mener des études sur les transferts de phénylurées dans les sols et dans la zone non saturée (sol profond entre 2 et 14 m), à l'image de celles réalisées sur les triazines et chloroacétanilides.

La deuxième partie traite de la méthodologie de recherche et d'identification de polluants émergents : hormones et composés pharmaceutiques, dans des stations d'épuration en région Centre. Les hormones stéroïdiennes ou synthétiques, les alkyls phénols ainsi que le bisphénol sont des substances suspectées d'effets perturbateurs endocriniens. Les techniques de chromatographie gazeuse et liquide couplées à la spectrométrie de masse en mode tandem ont permis de quantifier quinze de ces composés à des concentrations de l'ordre de quelques ng/l.

Ces techniques appliquées à des échantillons naturels de type rejets urbains ont montré la présence de quelques composés dans l'effluent. La toxicité d'un des composés (bisphénol) a été évaluée sur deux espèces zooplantoniques. Les concentrations détectées dans l'environnement ne semblent pas présenter de risque pour ces

espèces ; cependant, on ne peut négliger la nécessité d'évaluer les risques à long terme d'une exposition prolongée, ainsi que la toxicité combinée de plusieurs substances.

La présence des produits pharmaceutiques et de leurs produits de dégradation est suspectée dans l'environnement, au niveau d'effluents de stations d'épuration, superficielles, de sédiments, et même d'eaux souterraines. C'est pourquoi, une méthode d'analyse a été mise au point pour l'identification de dix-sept composés pharmaceutiques, dont cinq antalgiques, sept médicaments psychotropes, deux hypolipidémiants, deux bêtabloquants et un antiépileptique. Les limites de quantification atteintes sont de l'ordre de la dizaine de ng/l. Il a ainsi été possible d'analyser les rejets de cinq stations d'épuration de la région Centre. Dix molécules y ont été détectées, dont deux anti-inflammatoires (kétoprofène et naproxène) et deux psychotropes (fluoxétine et zolpidem) à des concentrations de l'ordre du µg/l. Même sur une vie complète d'exposition à une eau contaminée, la dose thérapeutique journalière n'est pas atteinte.

Néanmoins, on ne peut négliger la nécessité d'évaluer les risques à long terme d'une exposition prolongée à des traces de produits pharmaceutiques et de produits de dégradation, notamment pour certaines populations à risques comme les enfants, les fœtus et les personnes souffrant de déficiences enzymatiques. Plusieurs techniques d'analyse et d'extraction ont été nécessaires pour développer ces méthodes d'analyse fiables, sensibles et robustes.

Il est important d'insister sur la complexité et les difficultés techniques de l'analyse globale de ces différentes familles de polluants pour la mise en routine.

Ecotoxicité des sols et des déchets

ADEME - Ref. 4360 – Juillet 2002

Un programme national de recherche "Ecotoxicité des sols et des déchets" coordonné par l'ADEME avec l'aide d'une quinzaine de laboratoires, a permis de développer et d'évaluer différents tests biologiques d'écotoxicité et de génotoxicité sur un ensemble de matrices solides contaminées.

Les résultats obtenus, présentés dans cet ouvrage, ont mis en évidence les effets des polluants, de l'échelle moléculaire à l'échelle de l'individu et/ou des populations. D'autre part, en fonction des échantillons et de la nature des polluants la sensibilité des tests biologique s'est avérée différente, rendant impossible la sélection d'un seul test. Ces résultats ont confirmé la nécessité de constituer une batterie de tests pour évaluer l'écotoxicité d'une matrice (batterie constituée de tests sur des organismes aquatiques et terrestres).

Écotoxicité des sols et déchets : extraction des polluants

ADEME - Réf. 3198 – Novembre 1999

Le danger écotoxique des sols et des déchets vis à vis du compartiment aquatique est évalué en utilisant des tests biologiques de toxicité. Ce rapport s'intéresse aux méthodes d'extraction des polluants (lixiviation, percolation) et au couplage de ces méthodes avec les biotests. Suite à une étude bibliographique, différents essais d'optimisation ont été réalisés permettant de définir une approche de caractérisation du relargage et de la toxicité des polluants contenus dans les matrices solides.

Caractérisation d'une parcelle du site de Y par couplage de méthodes géophysiques et d'analyse de gaz

BRGM/RP-52347-FR – Mai 2003

La mare à goudrons précédemment identifiée par des méthodes conventionnelles a été détectée par nos méthodes : Les anomalies géophysiques A1, A3 et A4 représentent un ensemble compact géographiquement mais diffèrent en termes de typologie d'anomalie. L'anomalie de C02 G1 se situe également au droit de cette zone qui correspond à la mare à goudron. La différence de typologie des 3 anomalies provient probablement des réactions chimiques et/ou biologiques mises en jeu dans les différentes zones, ou du type de polluant incriminé.

C'est pourquoi il sera important de prélever des échantillons de sols correspondant à chaque type d'anomalie pendant l'excavation de la mare à goudrons afin d'expliquer l'origine des phénomènes mesurés. Les autres anomalies de gaz et géophysiques sont moins étendues et sont réparties sur l'ensemble de la zone prospectée. Deux autres zones suspectes, au nord du site (anomalie A2 et A5) sont mises en évidence.

Des forages de contrôle et des analyses sont nécessaires pour valider l'existence de ces deux sources potentielles de pollution. Lors de cette campagne de mesure, les profils d'électrique ont été définis à la vue des mesures de PS uniquement. De ce fait, des zones présentant des anomalies en terme de mesure de C02, mais qui n'étaient pas anomaliques en terme de PS n'ont pas été investiguées.

Dans le futur, pour les prochains sites étudiés, notre méthodologie sera améliorée : les informations obtenues par les deux méthodes cartographiques (PS et gaz) seront utilisées pour déterminer l'implantation des profils d'électrique. Pour le site Y, un retour sur le terrain pour vérifier, par méthodes électriques les anomalies de gaz non corrélées à une anomalie PS est souhaitable avant l'excavation de la mare.

Couplage de mesures géophysiques et d'analyses de gaz pour la détection de polluants organiques sur deux anciennes cokeries - Programme National CRITERRE
BRGM – Réf. N° RP-51726-FR – Juin 2002

L'objectif de l'étude est de mener des tests de géophysique et d'analyse de gaz, en vue de comparer et valider ces méthodes non destructives pour la détection de polluants organiques…

Plusieurs missions de reconnaissance de géophysique et d'analyse de gaz sur deux anciennes cokeries aux caractéristiques différentes ont été menées.

Couplage de mesures géophysiques et d'analyses de gaz pour la détection de polluants organiques sur une ancienne cokerie
BRGM/RP-50856-FR – Avril 2001

Dans le cadre du projet national " CRITERRE ", le BRGM a mené une mission de reconnaissance de géophysique et d'analyses de gaz sur une ancienne cokerie de Charbonnages de France. Un profil de 235 m situé en partie sur la zone polluée a été couvert par des mesures de tomographie, de résistivité électrique et de polarisation provoquée (PP). 16 analyses des HAP, BTEX et hydrocarbures totaux sur échantillons de sol (0-50 cm de profondeur), 12 analyses de gaz de sol ont été réalisées sur des points répartis sur ce profil. On relève des teneurs atteignant 69 g/kg d'HAP (somme des 16 HAP EPA). La zone polluée, confirmée par les analyses de sol par CPG, apparaît clairement sur les mesures de résistivité électrique, de PP ainsi que sur les analyses de gaz de sol. La nappe phréatique et les terrains au-dessus de la nappe sont 2 fois plus conducteurs dans la zone polluée, ce qui laisserait supposer qu'il y a également des polluants conducteurs.

Deux anomalies PP isolées, corrélées avec 2 anomalies sur les analyses de gaz correspondent probablement aux sources de pollution. Les résultats obtenus par les mesures géophysiques en couplage avec les analyses de gaz de sols sont donc globalement positifs.

Des diagnostics de sites pollués utilisant ce couplage devraient permettre de diminuer les coûts et le nombre d'analyses. Mais des inconnues subsistent sur le devenir du site pilote et sur l'interprétabilité des résultats géophysiques obtenus.

Pollution des sols en contexte minier : démarche et choix des techniques d'évaluation du risque
BRGM/RP-54713-FR – Décembre 2006

L'objet de cette synthèse bibliographique, menée dans le cadre du projet de recherche intitulé « formations superficielles et risques environnementaux » (SUR), est de balayer l'inventaire des techniques de diagnostic et d'analyses employées pour mener à bien l'évaluation du risque lié à la pollution des sols.

Ce projet étant inscrit dans la thématique « Conséquences territoriales de la cessation des Activités Minières », les recherches bibliographiques ont été plus particulièrement orientées vers des sources prenant plus spécifiquement en compte l'évaluation du risque et le diagnostic de pollution des sols par les métaux dans le secteur minier.

Après un rappel des définitions nécessaires sur le risque et des principes et démarches d'une évaluation de risque lié à une pollution des sols, cette étude bibliographique aborde les différentes étapes nécessaires à l'acquisition des données utiles à cette évaluation, à savoir :

- l'approche évaluation du risque s'impose aujourd'hui comme outil d'aide à la décision pour la gestion des sites pollués. Cette approche prenant en compte les spécificités de chacun des sites étudiés tend à remplacer une approche « normative » même dans les pays ou états qui s'étaient tout d'abord orientés vers la définition d'un référentiel universel.
- Pour mener à bien une évaluation de risque lié à la pollution des sols, le diagnostic doit être réalisé selon une stratégie d'échantillonnage et d'analyses basée sur des méthodes normalisées. Les différentes méthodes employées ont pour but la caractérisation des différentes sources de pollution et de leurs impacts sur les sols en termes de pollution. Avec comme objectif le recueil des données nécessaires à une

évaluation des risques, l'analyse chimique du contenu total en un élément toxique d'un sol ou d'un déchet doit être complétée par des tests physico-chimiques plus complets.

- Les sources de références récentes sont diverses et variées tant au niveau national qu'international. D'une manière générale, pour la prise en compte des spécificités du secteur minier, qu'il s'agisse de la plupart des mines métalliques ou du charbon, c'est auprès de sites internet d'organismes nord-américains que l'on trouve le plus de documents sur cette thématique : guides méthodologiques et études de cas prenant en considération à la fois les aspects sanitaires et environnementaux.

Caractérisation des pollutions potentielles relatives aux sites miniers du territoire français métropolitain
BRGM/RP-52816-FR – Janvier 2004

Les travaux miniers ont généré au cours des siècles des résidus, en quantité et qualité variable selon les époques et les substances recherchées, susceptibles d'engendrer des impacts négatifs sur les écosystèmes. Etant donné la difficulté d'obtenir une caractérisation quantitative exhaustive pour chaque site minier, certains ayant été exploités depuis plusieurs siècles, cette étude, réalisée dans le cadre des opérations de Service Public 03DEPY01 " Développements méthodologiques pour applications dans le secteur de l'après-mine " avait pour objectif de réaliser une synthèse des risques génériques liés aux principales substances exploitées sur le territoire français métropolitain en se limitant dans un premier temps aux impacts chimiques sur l'environnement (instabilité des terrains non comprise). Une typologie des situations d'après-mine a été réalisée à partir des informations contenues dans la base " Inventaire des ressources minières du territoire métropolitain " (Deschamps et al., 2002) sur quelques 300 gisements exploités de manière significative ou ayant fait l'objet de travaux d'exploration avancés.

Les substances minérales considérées correspondent à l'ensemble des minerais métalliques, les combustibles solides (charbon, lignite) ainsi que la barytine et la fluorine. Les substances fer et charbon ont été abordées mais n'ont pas fait l'objet de recherche détaillée dans le cadre de cette étude. L'ensemble des informations recueillies sur ces différents sites miniers a été regroupé dans une base de données unique dont l'architecture permet de préserver l'intégrité des données source et de travailler aussi bien au niveau générique (par groupe de gîtes, par substance exploitée,..) qu'au niveau d'un gisement précis. La typologie adoptée est basée sur une expertise tant gitologique, que minéralogique et géochimique. Elle a permis, en se basant sur les descriptions factuelles des gîtes, de définir, pour chaque groupe les minéraux les plus abondants et les minéraux accompagnateurs, les éléments chimiques potentiellement toxiques fréquents ou occasionnels. Ces informations, réunies sous forme de fiches, permettront pour n'importe quel site minier ou région minière, d'avoir immédiatement une liste des polluants potentiels à rechercher (suivi de la qualité des eaux et des sols, plans de prévention des risques miniers,...).

Cette approche est donc statistique et basée sur la connaissance plus ou moins détaillée dont nous disposons à ce jour sur les 330 sites miniers français considérés. Sa valeur prédictive n'est à l'heure actuelle pas extrapolable à des types de gisements non recensés ou à d'autres régions métallogéniques. La confrontation entre les résultats préliminaires de cette étude et les informations disponibles sur les résidus miniers (Thomassin et al., 2001) permet de démontrer la pertinence de la méthode mise en œuvre. Ce projet a été conçu pour être évolutif et pourra, à plus long terme, s'intéresser à d'autres territoires (DOM, Europe, ...) et conduire à des études intégrées prenant en compte d'autres niveaux d'information (fond géochimique, hydrographie, topographie) à travers une base de données plus spécifique (type Infobase, SIG Europe environnement) pour préciser et affiner les impacts "au cas par cas".

Méthodes de recherche de l'origine de pollution(s) dans les sols ou dans les eaux souterraines
BRGM/RP-51260-FR – Août 2002

La mise en œuvre de la politique nationale en matière de protection de la qualité des sols et de l'eau souterraine, se heurte souvent à des difficultés d'application, notamment en l'absence de l'identification de l'origine de la pollution qui contribuerait à connaître son, ou ses, responsable(s) et permettrait à l'administration de faire appliquer le principe " pollueur - payeur ". Le BRGM a été sollicité par la Direction de l'Eau du Ministère de L'Ecologie et du Développement Durable (convention n° 47/2000 du 3 novembre 2000 Ministère du développement durable/DE-BRGM), pour proposer une méthode de recherche de l'origine d'une pollution, basée sur une enquête n'excluant aucune hypothèse a priori, qui, par étapes successives et progressives, permette de remonter de la cible impactée (homme, faune, végétaux, captage AEP...), via les voies de transfert et/ou d'exposition jusqu'à la (aux) source(s) de la pollution :

- dans le milieu "sol", telle que, par exemple, mise en évidence suite aux décès d'animaux ou à la présence de végétaux pollués ;
- dans le milieu "eaux souterraines", telle que, par exemple, mise en évidence lors du suivi ou de l'ouverture d'un forage d'Alimentation en Eau Potable (AEP).

Le repérage géographique d'une source polluante est plus difficile pour les cas de pollution des eaux souterraines que pour les cas de pollution des sols. Le présent rapport réalisé parle BRGM dans le cadre de sa mission de Service public (opération 2000-POL-209) présente les premiers résultats de la réflexion méthodologique qui sont repris dans le cadre d'un groupe de travail national mis en place par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable en 2002.

Suivi de la qualité des eaux souterraines au droit des installations classées et des sites pollués en région Picardie, Phase 1 : Cadrage méthodologique
BRGM/RP-54377-FR – Février 2007

A la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, le BRGM a engagé, au titre de sa mission de Service public, un programme de bancarisation des données de la qualité des eaux souterraines au droit des installations classées et des sites pollués en région Picardie. Cette première phase de l'étude est financée conjointement par la DRIRE Picardie, l'Agence de l'eau Seine-Normandie, l'Agence de l'eau Artois-Picardie et la dotation de Service public du BRGM.

En France, environ 2 550 (anciens) sites et sols -potentiellement- pollués sont soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines. Environ 1 000 installations classées (estimation) au titre de la Loi de 1976 sont aussi soumises à une surveillance de la qualité des eaux souterraines au titre de l'article 65 de l'arrêté ministériel du 02 février 1998 modifié. Par ailleurs, différents arrêtés ministériels spécifiques précisent les obligations de surveillance de la qualité des eaux pour d'autres installations (stockage de déchets ménagers et assimilés (350 sites), dépôts pétroliers (250 sites), carrières, exploitations de traitement de surface). Enfin en application de la directive européenne cadre sur les eaux (DCE, 2000/60/CE) et de la future directive fille sur la protection des eaux souterraines (DPES, COM/2003/0550), l'état chimique des différentes masses d'eau doit être établi par les pouvoirs publics. Dans ce contexte, il est important de considérer une perspective de forte augmentation du nombre de sites soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines sur le territoire national ainsi qu'un besoin croissant d'accès aux données relatives à la qualité des eaux souterraines dans les prochaines années. Il est dès lors apparu nécessaire au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable de mettre en place des actions spécifiques permettant la bancarisation de ces données.

La banque nationale d'Accès aux Données Eaux Souterraines (ADES) a été choisie pour le stockage national des données après adaptations aux spécificités des installations classées et des sites pollués (ICSP).

En région Picardie, il est apparu prioritaire pour la DRIRE Picardie, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, en relation avec la démarche nationale :

- de regrouper l'ensemble des données régionales disponibles dans une base de données locale transférables dans la banque nationale ADES, laquelle sera gérée en continu par transmission à échéances régulières des résultats analytiques ;
- de participer à l'exploitation des informations saisies de façon à permettre :
    - l'évaluation du caractère adapté à la fois du réseau de forages de surveillance et du programme de contrôle mis en place,
    - la caractérisation de l'évolution de la qualité des eaux souterraines, que ce soit sous forme d'avis descriptif général ou à l'aide d'indicateurs pertinents. (....)

Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées en Alsace (67 et 68) - Contrôles 2004-2005. CD-ROM des fiches mises à jour (version 5)
BRGM/RP-54880-FR – Octobre 2006

A la demande de la DRIRE Alsace et de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, le BRGM Service Géologique Régional Alsace reçois et collecte, chaque année les analyses chimiques des eaux souterraines effectuées par les industriels dans le cadre de l'auto-surveillance des installations classées (IC) dans le Bas-Rhin et le Haut-Rhin afin de les saisir dans la banque de données gérée par le BRGM (ORACLE / ADES).

L'étude consiste ensuite à synthétiser les données de suivi de la qualité des eaux souterraines recueillies et notamment à caractériser l'évolution des teneurs mesurables, à déduire l'impact sur la qualité des eaux souterraines en comparaison avec les normes "eau potable" (CMA) ou "valeur de constat d'impact" (VCI). L'étude de suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des IC se décompose en 6 étapes :

Phase 1 - Inventaire des sites, collecte des informations et analyses concernant les sites inventoriés

Phase 2 - Prétraitement des données collectées (attribution des analyses à des points de mesure répertoriés)

Phase 3 - Saisie des données analytiques et édition de tableaux d'analyses.

Phase 4 - Rédaction d'une note sur les indicateurs de pollution

Phase 5 - Interprétation des analyses et rédaction de fiches détaillées

Phase 6 - Rédaction des rapports de synthèse

Ces fiches présentent les activités et la situation géographique du site, le réseau de contrôle, les résultats analytiques sous forme de statistiques comparant les résultats de l'année par rapport à ceux des 5 années précédentes, ainsi qu'un commentaire sur l'évolution de la qualité des eaux souterraines au droit du site et éventuellement un avis sur l'adéquation des contrôles.

La correspondance avec les sites de la base de données BASOL sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif, est fournie également. On compte pour la synthèse 2004-2005 358 sites suivis en Alsace dont 254 sites industriels et 104 gravières. Les fiches des sites pour lesquels une mise à jour a été effectuée en 2004/2005 sont fournies sous forme de fichiers informatiques au format PDF sur un CD-ROM version 5.

En 2004 et 2005, comme précédemment, on constate de nombreuses prescriptions concernant la réalisation d'Evaluation simplifiée des risques (ESR) et d'Evaluation détaillée des risques (EDR). Les études menées conduisent souvent à la restructuration des réseaux de surveillance. (...)

NB : les valeurs guides françaises indiquées et l'ESR ont été supprimées en février 2007.

Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées dans la région Champagne-Ardenne (Bassin Seine-Normandie)
BRGM/RP-53186-FR – Juin 2004

Les sites soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines pris en compte dans de ce travail sont les suivants :

- Les sites industriels faisant l'objet d'une action par les pouvoirs publics (sites du tableau de bord BASOL de l'action des pouvoirs publics sur les sites pollués ou potentiellement pollués) et soumis à une surveillance de la qualité des eaux souterraines (modalités prévues par la méthodologie nationale sur les sites et sols pollués).
- Les installations classées pour la protection de l'environnement (IC, au titre de la loi de 1976) sont aussi soumises à une surveillance de la qualité des eaux souterraines au titre de l'article 65 de l'arrêté ministériel du 2/2/98 modifié.
- Les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (nouvelle dénomination des CET de classe II, noté par la suite ISDm).

Les résultats d'analyses des eaux réalisées dans le cadre de cette surveillance imposée par arrêté préfectoral sont aussi régulièrement transmis à la direction régionale de l'industrie et de la recherche en environnement (DRIRE).

Une première synthèse de ces données de surveillance avait déjà été réalisée en Champagne-Ardenne, bassin Seine Normandie en 1997 (BRGM/RR-40537) et mise à jour en 2001 (BRGM/RP-51415-FR). Cette étude s'inscrit donc dans la continuité de ces précédentes synthèses tout en enrichissant le contenu par des graphiques permettant de mieux apprécier l'évolution de certaines teneurs.

De même, un examen par masse d'eau souterraine (répartition spatiale des sites industriels, vulnérabilité...) donnera une autre vision plus globale de l'impact des installations classées. La synthèse 2003 est également accompagnée d'une base de donnée où sont compilées toutes les données de surveillance physicochimique mais aussi les données de suivi piézométrique recueillies. Cette base est une adaptation de l'outil Molosse.

Etude de synthèse de l'état des sols sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg
BRGM/RP-54829-FR

Les analyses de métaux lourds ont été faites sur des composites de 3 à 4 échantillons par site, prélevés par carottage jusqu'à une profondeur maximale de 25 cm. Les analyses d'hydrocarbures ont été menées sur un seul prélèvement par site jusqu'à 25 cm, celles de dioxines sur un seul prélèvement jusqu'à 10 cm de profondeur. Les analyses des métaux lourds ne montrent pas de valeurs inquiétantes. Parmi les métaux analysés, le plomb atteint localement la VCI usage sensible, mais sa moyenne reste inférieure à la VDSS.

La moyenne des teneurs en chrome atteint la VDSS mais fait clairement partie du fond géochimique naturel. Parmi les hydrocarbures et phytosanitaires analysés, on observe des teneurs approchant la VCI usage sensible de façon très ponctuelle pour les PCB (polychlorobiphényles) et sur quelques sites pour les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).

Des teneurs en HAP sont rencontrées sur pratiquement tous les sites et semblent liées à la circulation automobile. Les teneurs en dioxines (équivalent toxique TEQ) sont en moyenne inférieures à la valeur guide allemande de 5 pg/g et globalement inférieures à la valeur guide suédoise de 10 pg/g pour un usage sensible.

L'étude des données des concentrations en métaux dans les pluies indique que les teneurs en métaux sont faibles par rapport aux valeurs guide (eau potable), à part le nickel et l'aluminium qui approchent de la VCI usage sensible. L'étude pilote des retombées aériennes particulaires montre l'omniprésence des métaux dans les particules et la diversité des sources d'éléments métalliques.

NB : les valeurs guides VCI et VDSS indiquées ont été supprimées en février 2007.

Participation aux travaux de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) - Choix des indicateurs pour la pollution locale des sols
BRGM/RP-51843-FR – Septembre 2002

Ce rapport reprend les travaux entrepris dans le cadre d'une participation aux actions de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), et particulièrement la réalisation d'un état de la qualité de sols à l'échelle européenne sous la forme d'indicateurs communs à chaque pays. L'Institut Français de l'Environnement (IFEN), point focal de l'AEEE a demandé au BRGM une assistance technique sur le sujet des "Sols contaminés" et plus particulièrement sur les pollutions locales des sols. Cette demande s'inscrit dans le cadre du Centre Thématique Européen "Environnement terrestre" de l'AEE. Cette assistance technique porte sur les quatre points suivants :

- une lecture critique des indicateurs proposés par l'AEE, suite à la réunion d'un groupe de travail européen à Séville en mai 2002,
- une proposition de nouveaux indicateurs plus adaptés au contexte français,
- une réalisation à l'échelle nationale d'un test d'application des indicateurs proposés par l'AEE afin d'apprécier leur fiabilité, tout en considérant les données actuellement disponibles, les manques et les difficultés rencontrées pour les acquérir,
- un test à l'échelle régionale : construction des indicateurs pertinents à l'échelle régionale, de manière à approfondir l'étude et à donner une approche spatiale plus fine.

Les bases de données nationales existantes ou en cours de constitution ont permis, dans le cadre de cette étude, de répondre aux exigences actuelles en information formulées par l'AEE pour ce qui est des indicateurs nationaux.

Les mécanismes de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les nappes et les méthodes d'analyse des produits phytosanitaires dans les eaux
BRGM/RP-51590-FR – Juin 2003

Le lecteur trouvera dans ce document des informations lui permettant d'envisager les études de contamination des eaux souterraines par les substances phytosanitaires, avec une meilleure connaissance préalable des mécanismes de transfert de ces substances dans le milieu eaux-roches et des méthodologies existantes de diagnostic et de suivi de qualité des eaux souterraines. Une description des mécanismes de transfert de ces substances depuis la surface du sol d'une part, une présentation des grandes lignes directrices pour la mise en place des réseaux de surveillance et une information détaillée sur les analyses au laboratoire d'autre part, constituent les principales thématiques développées dans cet ouvrage. Sont notamment présentés :

- Des exemples d'études des mécanismes physico-chimiques régissant le transfert des substances phytosanitaires depuis la surface du sol jusque dans les eaux des nappes, plus particulièrement les

interactions eaux-roches où interviennent les processus de régulation tels que la volatilisation, les phénomènes de dégradation, la sorption et la désorption.

- Des méthodologies d'évaluation des risques de contamination des nappes combinant les connaissances sur les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des substances phytosanitaires d'une part, les résultats des études des mécanismes déterminant le devenir des pesticides dans le contexte sols/sous-sols d'autre part, notamment dans les compartiments zone racinaire/zone non saturée/zone saturée où l'eau intervient comme vecteur et agent chimique.
- Des informations :
  - sur les produits phytosanitaires les plus couramment utilisés et l'évolution de leurs usages lors de ces dernières années en termes de nature et de quantité des matières actives ;
  - sur les méthodes utilisées dans les laboratoires pour les rechercher dans les eaux selon les exigences de la directive européenne 98/83, incluant les règles à respecter depuis la conception du plan d'échantillonnage jusqu'à l'édition des résultats pour fournir des données fiables ;
  - sur la couverture des méthodes d'analyses par la normalisation, sur le nombre de pesticides pouvant être analysés avec fiabilité et les méthodes utilisées pour contourner la difficulté de ne pouvoir les rechercher de manière exhaustive ;
  - sur les métabolites et les difficultés matérielles et méthodologiques rencontrées par les laboratoires pour les analyser.

Les lignes directrices pour la mise en place des réseaux de surveillance de la qualité des eaux de nappes dans le contexte de la caractérisation des pollutions ponctuelles et diffuses.

SAGE ODET. Géologie et eaux souterraines
BRGM/RP-52436-FR – Août 2003

L'histoire géologique du bassin versant de l'Odet est très complexe, liée à la tectonique des plaques. L'essentiel des terrains sont des formations de " socle " : (schistes, grès, micaschistes, gneiss, granodiorites et granites) très anciennes, plus de 280 millions d'années et sont issues de la phase orogénique hercynienne.

Les eaux souterraines, dans ce type de formation, sont contenues dans des aquifères fissurés et/ou fracturés (rôle conducteur) surmontés de niveaux altérés plus ou moins épais et perméables (rôle capacitif). Leurs extensions sont toujours limitées et ils forment une mosaïque d'unités sur un même bassin versant. 576 forages sont connus au brgm sur les communes du SIVALODET. La ville de Quimper en compte, à elle seule, 187. Le nombre de forages non déclarés est estimé à 20 %, ce qui conduirait à situer le nombre total de forages existants autour de 700 ouvrages.

L'analyse des débits instantanés des forages en fonction de la géologie a pu être effectuée à partir des 374 forages localisés pour lesquels le débit et la profondeur des ouvrages étaient connus. Les débits moyens évoluent entre 3 et 10 M3 /h pour des profondeurs moyennes d'ouvrages de 37 à 57 m. Par rapport aux résultats obtenus en Bretagne, la productivité des forages locaux se situe dans la moyenne basse (indice global entre 0.6 et 6.6). Ceci s'exprime par les formations géologiques qui se répartissent en une succession des bandes est-ouest de terrains faiblement perméables.

Une formation particulière, les granodiorites de Quimper se distinguent par des résultats supérieurs à l'ensemble (indice 8.8) mais pour des forages significativement plus profonds, de l'ordre de 68 m. La quantité de pluie non utilisée par les plantes ou évaporée, est disponible soit pour le ruissellement soit pour l'infiltration dans les sols où, après avoir rechargé les terrains agricoles, elle descend vers les aquifères souterrains et recharge les nappes. Celles-ci se vidangent dans les rivières et participent à leurs débits d'écoulement.

L'évaluation des débits souterrains des trois rivières principales du bassin versant de l'Odet a été réalisée au droit des stations de jaugeage de ces cours d'eau et à partir du logiciel " Gardénia " mettant en relation la pluviométrie et les débits des rivières pour des chroniques de pluies de plus de 10 ans. La participation moyenne des eaux souterraines aux débits du Steir, de l'Odet et du jet représentent respectivement 43, 50.5 et 53 % de leurs écoulements globaux, soit en volume : 50, 70 et 45 millions de mètres cubes.

Les étiages des cours d'eau sont peu soutenus par rapport à ce qui est connu en Bretagne. Les participations, moyennes à faibles, des eaux souterraines à l'écoulement des rivières, s'expliquent par la présence de terrains moyennement à peu perméables. Les prélèvements d'eau réglementaires pour l'adduction d'eau potable se répartissent pour 59 % pour les eaux de surface et 41 % pour les eaux souterraines (forages, puits et captages).

Les prélèvements pour l'industrie et l'irrigation sont différentes selon les sources.

Une estimation globale du volume d'eau souterraine prélevé dans les nappes a été réalisée à partir du fichier brgm et de l'usage connu de l'eau des forages et se situerait entre 4 et 5 millions de mètres cubes.

Etat de la connaissance de la nappe alluviale de l'Isère en Grésivaudan (de Montmélian / Pontcharra à Grenoble)

BRGM/RP-54920-FR – Décembre 2006

La plaine du Grésivaudan s'étend de Pontcharra à Grenoble sur une quarantaine de kilomètres, pour une largeur variant de 2 à 5 km. Elle est parcourue par le cours moyen de l'Isère. L'eau y est omniprésente tant en surface qu'en profondeur, comme en témoignent les marais, zones inondables et multiples sols hydromorphes. En cette plaine alluviale, complexe sur le plan hydrogéologique, l'accessibilité de l'eau souterraine n'est pas toujours aussi aisée que les conditions géographiques et géologiques le font espérer. Plusieurs ouvrages de captage ont donné, par endroit, des débits décevants, voire des eaux de qualité médiocre. Les différentes études hydrogéologiques réalisées sur la plaine du Grésivaudan montrent que des productivités potentiellement élevées existent cependant pour cette nappe.

Compte tenu des infrastructures existantes, de l'urbanisation actuelle et des perspectives de développement du secteur, la DDAF 38 souhaite préparer l'avenir quant à la gestion et à la protection de la ressource. Pour ce faire, il a été demandé au BRGM de conduire, dans le cadre de sa mission d'appui aux services chargés de la police de l'eau, une réflexion sur la nappe alluviale du Grésivaudan.

L'étude a permis d'identifier deux secteurs de la plaine susceptibles de présenter de bonnes conditions d'exploitation sur les plans qualitatif et quantitatif. Des recommandations sont énoncées quant aux investigations à programmer sur ces deux secteurs pour qualifier la ressource en eau disponible.

La sélection des deux secteurs identifiés repose sur une recherche croisée des conditions favorables suivantes :

- Granulométrie élevée (recherche de secteurs à dépôts grossiers selon les règles de la sédimentologie), avec, pour conséquence, une perméabilité "favorable".
- Circulations souterraines rapides (recherche de drains d'écoulement préférentiel) avec, pour conséquence, des minéralisations plus faibles et un milieu moins réducteur (absence de Fe et Mn).
- Occupation des sols réduite (recherche de zones dépourvues d'activités industrielles ou d'urbanisation) avec, pour conséquence, une vulnérabilité de nappe modérée.

Il est recommandé d'axer le programme d'investigation à conduire sur ces deux secteurs sur une campagne de mesures géophysiques électriques complétée par la réalisation de sondages de reconnaissance, puis de forages d'essai. Compte tenu de l'enjeu économique que représente le Grésivaudan, il pourrait être envisagé, à terme, de mettre en place un SAGE, à l'échelle de la plaine, afin de faciliter la gestion de la ressource et d'anticiper sur les conflits d'usage qui risquent de voir le jour avec l'augmentation des besoins.

La procédure de SAGE, longue et délicate à mettre en œuvre, nécessite une connaissance très précise de la nappe. La présente étude constitue, dans ce sens, une étape préparatoire. La réalisation d'investigations géophysiques puis d'ouvrages de reconnaissance complétera cette approche initiale. La réalisation d'un modèle global de la nappe pourrait alors être envisagée en phase ultérieure pour simuler différents scénarios d'exploitation de la ressource et de développement du secteur.

L'arsenic dans l'environnement et ses impacts. Journée d'échanges 23 novembre 2004

BRGM/RP-53689-FR – Février 2005

Suite au colloque « Première rencontre nationale de la recherche sur les sites et sols pollués », organisé par l'ADEME en décembre 2002, il est apparu un certain nombre de redondances dans les recherches menées par les principaux organismes de recherche en France. Ce colloque avait également mis en évidence un manque d'échanges entre la recherche et l'industrie, notamment en matière de perception des besoins de R&D exprimés par l'industrie ou les pouvoirs publics. Un travail de synthèse des travaux de R&D en France sur la thématique Arsenic a

été réalisé en préambule à la journée d'échanges sur l'arsenic.

L'ADEME et le brgm ont organisé une journée d'échanges sur l'arsenic dans l'environnement et ses impacts le 23 novembre 2004 dans le but de présenter un état de l'art sur les travaux de R&D sur l'arsenic en France et de réunir les différents acteurs impliqués sur cette thématique. Cette journée d'échanges sur l'arsenic a été ressentie comme très intéressante de par l'approche, les participants et le contenu. Du point de vue des bureaux d'étude, il était utile de se rendre compte de l'état d'avancement de la recherche et de ses perspectives dans le domaine.

En ce qui concerne les perspectives, un certain nombre de propositions ont été faites par les participants à l'issue de cette journée d'échanges :

- un souhait partagé par beaucoup serait de disposer d'une banque de données bibliographiques comprenant, entre autre, les domaines de compétences, les références des organismes impliquées dans la problématique arsenic.
- de plus, un accès à un forum de discussion permettant des échanges est souhaité en particulier par les bureaux d'études qui sont confrontés à des questions dont ils n'ont pas forcément les réponses. De plus, il aurait aussi pour objectif de créer des groupes de travail qui permettrait d'une part de faciliter le montage de projets et d'autre part de faire évoluer certains travaux plus rapidement.
- la création d'ateliers ou de groupes de travail réunissant des métrologistes, des évaluateurs de risques, des modélisateurs, des épidémiologistes, des géochimistes, des géologues, des microbiologistes... voire des législateurs et décideurs en santé publique.

Additifs oxygénés et composés NSO dans les carburants : quelle prise en compte dans la gestion des sites pollués ?
BRGM RP-63966-FR – Décembre 2013

L’objectif de ce rapport est de :

- présenter un état des connaissances disponibles sur les additifs oxygénés et les composés NSO susceptibles d’être présents dans les carburants fabriqués et / ou utilisés sur le territoire français et d’avoir impacté des milieux sol et eaux souterraines en relation avec une pollution ;
- sur la base de cet état des lieux, proposer des recommandations en termes de composés à rechercher dans le cadre des diagnostics environnementaux.

Pour satisfaire cet objectif, le présent document intègre :

- un important travail de collecte et de hiérarchisation des informations sur la présence des additifs oxygénés et des composés NSO dans les carburants (en termes de fréquence d’utilisation et de teneurs) ;
- un ensemble de données sur les caractéristiques et propriétés de ces composés afin d’évaluer leur comportement dans l’environnement ;
- une collecte d’informations sur les enjeux (toxicologiques, organoleptiques et vis-à-vis de la ressource en eau) associés à la présence de ces composés dans les milieux ;
- une synthèse des informations disponibles dans la littérature relatives à la capacité à gérer des pollutions par ces substances (diagnostic, analyses et traitement).

Sur la base de ces éléments, ce rapport propose, d’une part, une démarche de sélection des additifs oxygénés et composés NSO à rechercher dans le cadre des diagnostics environnementaux et, d’autre part, des recommandations en termes de connaissances à acquérir afin de mieux évaluer les pollutions associées à ces produits.

5.3 Les documents relatifs à la modélisation

CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué
Co-édition ADEME/IRSN – Réf. N°4773 – Novembre 2003 – CD-Rom

CIBLEX compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espaces-temps, consommations alimentaires…) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eau…) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif…) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site.

Modèles de transfert sol-plante des polluants organiques – Tome 1 : Revue bibliographique - Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R21a - 2002

L'objectif de l'étude est de décrire quelques modèles disponibles dans la littérature et de tester leur validité par comparaison de leurs résultats avec des cultures de végétaux réalisées en conditions contrôlées. Ce rapport correspond à la première partie de l'étude et décrit 5 principaux modèles de transfert de substances organiques vers les plantes : Plant X, Cemos-Plant, Mackay-1994, Mackay-1997 et Catox, après un rappel des mécanismes de transfert et les principaux paramètres physiologiques impliqués.

Contamination des sols – transfert des sols vers les plantes
Co-édition ADEME/EDP Sciences – Réf. N°3362 – Juillet 2005 - En ventre chez EDP Sciences.

Présentation des facteurs régissant le transfert des éléments-traces du sol vers l'organe récolté de la plante, puis ceux qui ont une incidence sur la teneur finale de l'aliment. Cet ouvrage fait l'état de l'art sur le transfert de 12 éléments-traces (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, TI, Zn) des sols vers les plantes à vocation alimentaire.

Contamination des sols – transfert des sols vers les animaux
Co-édition ADEME/EDP Sciences – Réf. N°5096 – Juillet 2005 - En ventre chez EDP Sciences.

Ouvrage visant à synthétiser les connaissances du transfert de polluants organiques (PCDD/F, PCB, HAP) et des éléments traces du sol vers l'animal d'élevage.

Modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-05-57278-DESP/R03a – Avril 2005

Le document rend compte de l'étude du transfert de vapeurs du sol vers l'air intérieur : le transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air extérieur par la présentation de trois principaux outils susceptibles d'être utilisés dans le cadre des pratiques françaises.

Le transfert de vapeurs du sol vers l'air du sol – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R03a – 2007

Le document présente l'analyse des équations de la modélisation du transfert de vapeurs vers l'air du sol, la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.

Modèle VOLASOIL pour le transfert de substances volatiles du sol vers l'intérieur des bâtiments – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R01a – 2007

Le document présente l'analyse des équations du modèle VOLASOIL (Waitz M. F. W. et al., 1996), la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.

Modèle de Johnson & Ettinger pour le transfert de substances volatiles du sol vers l'intérieur des bâtiments – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-06-76005/DESP-R02a – 2007

Le document présente l'analyse des équations du modèle Johnson et Ettinger, version de 2003 (US EPA, 2003), la cohérence avec les hypothèses formulées, ainsi que les principaux écueils à éviter par rapport à cette analyse.

Recommandations relatives au choix entre modèle analytique et numérique dans le cadre de l'étude du transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines
INERIS – Réf. N° DRC-08-86031-00620A - 2008

Ce guide est destiné aux personnes impliquées dans la mise en œuvre de modélisations relatives au transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines. Il a pour objectif d'apporter une aide au modélisateur dans le choix d'un outil adapté et proportionné à l'étude engagée.

Pour cela, il reprend tout d'abord quelques aspects généraux liés à la modélisation en particulier les phénomènes associés au transfert ainsi que la démarche à engager. Par la suite, la présentation d'un certain nombre d'outils de calcul disponibles actuellement met en exergue leur diversité et la difficulté de choisir l'outil adéquat. Le test de deux d'entre eux, BIOCHLOR et NAS, et la comparaison des résultats acquis dans le cadre de la simulation d'un cas traité précédemment par des outils numériques (Cas Réel n°3 de TRANSPOL) apportent des indications complémentaires quant aux éléments justifiant ou non le choix d'un modèle.

Des recommandations sont ainsi formulées et portent principalement sur le choix des phénomènes à considérer, les objectifs attendus et les outils de calcul en eux-mêmes. Il est recommandé de privilégier une approche pragmatique en mettant en avant et en justifiant les réserves relatives aux résultats présentés. Il convient si possible de débuter par un modèle simple (analytique ou numérique mais avec de nombreuses hypothèses simplificatrices) avant de compliquer le modèle si nécessaire et en fonction des informations disponibles. En cas de trop fortes incertitudes les conclusions de la modélisation doivent recommander de nouvelles investigations. Cependant, il est important de rappeler que la clef de l'efficacité et de la précision lors de la modélisation d'un système dépend en premier lieu de l'élaboration du modèle conceptuel et de la qualité des données disponibles et utilisées.

Soil Screening Guidance – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R31a – Octobre 2002

Ce rapport présente le guide élaboré par l'US EPA et décrit dans le document : Soil Screening Guidance : Technical Background Document, US EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response, (Washington, DC 20-460), May 1996, PB96-963502. Ce document a été élaboré pour décrire la méthodologie d'élaboration des « Soil Screening Levels » (SSLs, valeurs seuils dans les sols) des Etats-Unis, développée par l'US EPA afin de favoriser la standardisation et l'accélération de l'évaluation et de l'assainissement des sols contaminés des sites appartenant à la « National Priority List » des Etats Unis et pour lesquels il est prévu que l'usage futur sera de type résidentiel.

RBCA TOOL KIT – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R32a – Octobre 2002

Le modèle présenté est l'outil RBCA Tool Kit, outil de calcul réalisé pour conduire les étapes 1 et 2 de la procédure RBCA (Risk-Based Corrective Action), telle que définie dans la norme de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) PS-104-98 « Standard provisional guide for risk-based corrective action ». La version décrite est la version 1.0a qui était disponible en 2000-2001.

HESP - Human Exposure to Soil Polluants – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-02-41200/DESP-R30a – Octobre 2002

Le modèle présenté est le modèle HESP. La version décrite est la version 2.10b qui date de janvier 1995. C'est la dernière version disponible à la date de finalisation de ce document en mai 2002.

L'objectif de ces études est de présenter les spécificités des outils de modélisation les plus courants, pour faciliter le travail de sélection des modèles, travail que l'utilisateur doit renouveler lors de chaque étude. Le document INERIS comporte la présentation de 2 ou 3 fiches :

1) une fiche de description générale présentant le contexte d'élaboration, l'environnement informatique nécessaire, son contenu en terme d'outils d'évaluation de risque…
2) une fiche de description détaillée présentant voie par voie et phénomène par phénomène les grandes lignes conceptuelles et les hypothèses retenues pour le calcul des concentrations dans les milieux, le calcul des niveaux d'exposition et le calcul des niveaux de risques;
3) une fiche intitulée « Limites et pièges à éviter » présentant les limites de l'outil et les situations qui ne peuvent ou ne doivent pas être modélisées par son intermédiaire.

Le logiciel de calcul CALTOX - Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-04-45959-RBn-n°097/caltox3– Juin 2004

CALTOX est un logiciel de calcul fréquemment utilisé pour estimer les expositions des populations liées aux retombées des émissions atmosphériques des installations classées pour l'environnement. Le rapport a pour but d'apporter aux utilisateurs potentiels des informations complémentaires par rapport à la documentation rédigée par les concepteurs. Il vise à favoriser une meilleure utilisation et une meilleure interprétation des résultats fournis par le logiciel.

Vapor emissions from contaminated soils into buildings: developments of the VOLASOIL model for a multilayer soil
CONSOIL – 2005 - Theme C - Site Characterization & risk assessment. Pp 1226-1234 - 2005
(Proceedings accessibles via le site du Ministère Hongrois de l'Environnement)

Le modèle hollandais VOLASOIL (Waitz M. F. W. et al, 1996) de transfert de vapeurs de l'air du sol vers l'air ambiant intérieur des bâtiments est prévu pour une seule couche de matériau (dalle de fondation ou sol) entre la zone source et l'espace intérieur, la publication INERIS présentée au congrès CONSOIL 2005, propose une adaptation de ce modèle pour plusieurs couches de matériaux : dalle et /ou plusieurs couches de sol. La publication présente et discute une application, avec quelques remarques intrinsèques du modèle VOLASOIL.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Guide méthodologique - Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-66244-DESP-R01– Août 2005

Ce guide à l'usage des bureaux d'études et des pouvoirs publics, apporte des informations sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques et leur présence dans l'environnement (principales propriétés physico-chimiques, sources potentielles…), il présente des indications afin d'acquérir des données d'entrée de bonne qualité en vue d'une modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux (identification et caractérisation de la source, forme des polluants…).

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines : Synthèse bibliographique relative aux paramètres Kd (sorption) et T 1/2 (biodégradation) – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-66244-DESP-R02– Septembre 2005

Ce guide à l'usage des modélisateurs et des représentants des services de l'Etat fait suite au guide référencé INERIS-DRC-66244-DESP-R01. Dans le cadre d'une modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux, il présente (en l'absence de mesures sur site) le résultat d'une synthèse bibliographique portant sur les paramètres définissant la sorption et la biodégradation des 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine.

CIDISIR - Quantification des cinétiques de dissolution sur sites réels
Hydrocarbures pétroliers et dérivés halogénés
Ministère de la Recherche. 06 juin 2005

Un projet de recherche a été élaboré par un groupement de partenaires constitué de BURGÉAP (bureau d'études), CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), IFP (Institut Français du Pétrole), IMFS/IFARE (Institut de Mécanique des Fluides et des Solides de Strasbourg / Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement) et IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse). Le projet de recherche est fondé sur une acquisition des données à 3 échelles (laboratoire, site contrôlé, site réel) et sur la confrontation des différentes approches, notamment à l'aide de la modélisation numérique.

Eléments Traces Métalliques - Guide méthodologique - Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines – Rapport d'étude
INERIS - Réf. N° DRC-06-66246/DESP-R01a – Août 2006

Ce guide à l'usage des modélisateurs et des représentants des services de l'Etat, donne des informations sur les éléments traces métalliques et leur présence dans l'environnement (principales propriétés physico-chimiques, origines possibles…). Il apporte également un éclairage quant à la modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines en milieu poreux (processus impliqués, études de cas…).

Base de données de paramètres de sorption et de biodégradation - B.D.P. SORP-BIO

INERIS-DRC-08-94669-15386A. Décembre 2008

L'objectif de la base de données B.D.P. Sorp-Bio est de mettre à la disposition des modélisateurs et des gestionnaires de site pollué, des valeurs de paramètres de dégradation et de sorption pour certaines substances organiques.

En effet, les résultats du programme TRANSPOL (http://www.ineris.fr/transpol/) concernant la modélisation numérique du transfert des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et des COHV (Composés Organiques Halogénés Volatils) dans les eaux souterraines, ont mis en évidence l'importance des données d'entrée et l'incertitude élevée résultants des variations des valeurs des paramètres d'entrée définissant les processus de sorption et de dégradation.

L'acquisition de ces paramètres d'entrée est délicate, coûteuse et longue. Ainsi le recours à la littérature est une solution envisageable en première approche, en fonction du contexte ou des enjeux.

C'est la raison pour laquelle l'INERIS a réalisé une synthèse bibliographique de paramètres définissant la sorption (Kd) et la dégradation (T1/2), pour les 16 HAP retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine (US-EPA) et pour certains COHV.

Lorsque le contexte de l'étude est similaire à celui pour lequel la valeur a été estimée (conditions redox, lithologie, teneur en carbone organique,...), ce recueil de données permettra au modélisateur d'obtenir des domaines de variations (minimum et maximum d'après des valeurs issues de la littérature) adaptés à ses besoins.

La base de données peut permettre également de déterminer qualitativement si les mécanismes de sorption et dégradation sont prépondérants pour le site et la substance d'intérêt.

La base de données sera actualisée deux fois par an.

NB : prendre connaissance de la Notice d'utilisation.

Identifiant : sorp-bio Mot de passe : sorp-bio

Recommandations pour la modélisation des transferts métalliques dans les eaux souterraines

BRGM/RP-52910-FR – Janvier 2004

Ce document vise, en synthétisant d'abord les modèles théoriques et en regroupant quelques études de cas, à établir un guide de bonnes pratiques concernant la modélisation des transferts métalliques.

Le chapitre 2 décrit la liste des substances métalliques considérées et l'origine de ces substances. Le sujet étant très vaste, le cas des radionucléides et l'influence des microorganismes sur la mobilité de ces éléments ne sont pas traités. Sites-Les principaux mécanismes physico-chimiques influençant la modélisation des transferts métalliques sont ensuite décrits de façon générale. Cette partie théorique est illustrée par quelques modélisations de transfert d'éléments métalliques, en soulignant les points sensibles de chacun des mécanismes modélisés.

Les modèles couplés de transport réactif sont décrits dans le chapitre 3, en illustrant à l'aide de quelques études de cas les points clefs de la modélisation couplée.

Cette étude intervient dans le contexte du projet TRANSPOL piloté par l'INERIS.

Thermodynamique de la zone non saturée en eau des systèmes géologiques : I - Extension du modèle HKF-révisé et intégration des phénomènes capillaires

BRGM/RP-51306-FR – Décembre 2001

Les approches théoriques permettant de calculer les propriétés thermodynamiques et électrostatiques de l'eau liquide, et les propriétés thermodynamiques des espèces aqueuses, des minéraux et des gaz, ont été rappelées. Le but de cette revue critique était de détailler le puzzle des différents modèles théoriques disponibles pour développer un modèle synthétique étendu à la zone non saturée en eau pour les calculs des propriétés thermodynamiques des systèmes géologiques tels que les sols et les parties situées au dessus des niveaux des aquifères.

Il est clair que toute extension de ces approches pour étudier la thermodynamique de la zone non saturée en eau des systèmes géologiques doit respecter certains critères notamment la continuité des équations d'état de l'eau et des autres constituants du système (espèces dissoutes, minéraux et gaz). Toutefois, il convient de noter que cette condition ne suffit pas pour s'assurer de la justesse des calculs.

Par ailleurs, on manque de données de mesures pour juger de la qualité des calculs et évaluer les paramètres du modèle. D'après les récents travaux de Mercury et Tardy (1997a, 2001), la caractéristique de la ZNS réside dans le fait que l'eau capillaire est soumise à des pressions négatives et les premiers calculs montrent que l'on peut atteindre des valeurs assez inhabituelles de l'ordre - 2000 bar.

Par conséquent, en plus de la température qui peut être négative dans les sols, il faut également prendre en compte les pressions négatives qui peuvent modifier les propriétés physico-chimiques de l'eau mais aussi des espèces dissoutes, voire peut-être des minéraux et des gaz.

En ce qui concerne l'eau, il s'agit d'utiliser les formalismes dits "HGK", 'LS"', "MT" et "SW", du nom de leurs auteurs, et qui s'appliquent selon le domaine de températures et de pression considéré. Il faudrait délimiter les domaines de performance de chaque approche et assurer la cohérence entre les différents algorithmes.

D'après les travaux de Mercury, les équations proposées par Saul et Wagner (SW, 1989) devraient aboutir à une meilleure stabilité que celles de HGK. Il y aura probablement un mélange des deux, voire parfois le replacement de certaines équations de HGK par celles de SW pour les propriétés de l'eau normale (par opposition à l'eau capillaire).

Enfin, les formalismes utilisés pour le calcul des propriétés thermodynamiques des espèces aqueuses sont les modèles dits HKF et HKF-révisé, dont les domaines d'application respectifs dépendent essentiellement de la pression (dans le domaine capillaire). Dans la zone non saturée, la pression du système est fixée indirectement, soit à partir de la taille des pores concernés par le phénomène d'ascension capillaire, soit par l'humidité relative de l'air dans le cas de la condensation capillaire. Ce dernier paramètre fera certainement partie des paramètres d'entrée du code de calcul en projet.

D'après les résultats théoriques avec un début de confirmation par des observations du milieu naturel des équilibres anisobares se produisent dans la ZNS. La possibilité d'intégrer ces équilibres sera étudiée plus en détail dans la suite du projet. Des travaux expérimentaux seront également nécessaires pour apprécier l'ampleur et les particularités de ces phénomènes.

Ce rapport va servir de base pour le développement d'un code de calcul numérique permettant de déterminer toutes les propriétés thermodynamiques des réactions géochimiques sur un domaine de température et de pression assez étendu allant des conditions supercritiques aux conditions de capillarité extrême (-60 à 1000°C, -2000 à 5000 bar).

A l'instar des logiciels de calcul géochimique des propriétés physicochimiques des systèmes aqueux, cette extension permettra la prise en compte des phénomènes capillaires et de l'effet de l'humidité relative. Le logiciel doit être capable, entre autre, de recalculer la spéciation dans un environnement capillaire, de recalculer l'activité de l'eau, l'état de saturation de minéraux potentiellement présents dans ces environnements.

Les processus microbiologiques et de biodégradation seront également pris en compte. Le but final est d'aboutir au développement d'un véritable logiciel de calcul thermodynamique garantissant un continuum entre ZNS et ZS....

Etude des processus biogéochimiques prépondérants responsables de la mobilité du Pb, Cd, Zn, As et Hg du sol vers l'hydrosphère. Rapport de fin de 1ère année de thèse
BRGM/RP-54483-FR - 2006

La pollution des sols par les métaux traces est un problème majeur car, contrairement aux autres milieux (atmosphère et eau), le sol possède une plus faible capacité à s'épurer. La connaissance de la teneur totale en polluant ne suffit pas à estimer l'impact sur l'environnement.

Deux autres notions sont à prendre en compte : (i) la biodisponibilité, capacité d'un élément à passer d'un compartiment du sol à un être vivant et (ii) la mobilité, capacité d'un élément à passer d'un compartiment du sol à un autre. L'objectif principal de cette étude est l'identification des fonctions biogéochimiques prépondérantes qui contrôlent le transfert et la biodisponibilité de quelques éléments toxiques (As, Pb, Zn et Cd) dans des sites contaminés. Le but est d'identifier des fonctions numériques qui relient le coefficient de partage entre les phases de rétention du sol et de l'eau, ou ses variations, en fonction de paramètres biogéochimiques clés des systèmes étudiés.

Des expériences en bioréacteurs fermés ont été menées sur des échantillons de sols représentatifs de l'hétérogénéité spatiale de la pollution inorganique sur deux sites du bassin hydrologique de la Meuse, contaminés par d'anciennes activités industrielles. Un plan expérimental a été appliqué pour mesurer les effets de quatre facteurs environnementaux principaux sur la mobilité des polluants inorganiques sélectionnés. Ces paramètres, potentiellement influencés par le changement global du climat, sont la température, le type de phase gazeuse, le pH et l'activité biologique.

Pour l'arsenic (As), les premiers résultats montrent qu'une température élevée, une augmentation du pH ou des processus biologiques actifs semblent mobiliser l'élément. Dans le cas du zinc (Zn), l'inhibition des processus biologiques, une température élevée et une baisse du pH ont mobilisé l'élément. Le cadmium (Cd) n'a été que peu influencé par l'ensemble des facteurs. Pour le plomb (Pb), une température élevée et des processus biologiques actifs ont augmenté la mobilisation. Enfin, dans la plupart des cas, l'effet de la phase gazeuse n'a pas été significatif. Les premiers résultats montrent que la température et la présence ou l'absence de processus biologiques actifs sont les principaux facteurs de mobilité des polluants inorganiques et que des teneurs totales ou moyennes ne permettent en aucun cas d'évaluer le risque potentiel de transfert vers les écosystèmes ou les ressources en eau.

Le plan expérimental spécifique, développé dans le cadre de l'étude, va permettre d'effectuer une analyse statistique des résultats en quantifiant la prédominance de chacun des facteurs étudiés et ouvrir la voie pour proposer des fonctions de régression spécifiques, utilisables pour intégrer les connaissances sur la mobilité et la biodisponibilité des éléments toxiques. Enfin, il sera possible d'envisager une stratégie d'approche par la modélisation, au travers de l'utilisation de codes de calcul.

Analyse du transfert de l'arsenic sur le site des Farges, commune de Saint-Yrieix, Haute-Vienne : approche bio-hydrogéochimique
BRGM/RP-52504-FR – Septembre 2003

Les processus de transfert impliquant l'arsenic sont généralement complexes et dépendent d'un grand nombre de paramètres liés aux caractéristiques hydrodynamiques, minéralogiques, géochimiques et microbiologiques du système étudié. Compte tenu de cette complexité, l'analyse des processus mis en jeu nécessite des approches multidisciplinaires ciblées sur des sites expérimentaux adaptés.

Les travaux de recherche entrepris sur le site retenu ont été volontairement basés sur une approche intégrée du système. Des analyses minéralogiques ont été entreprises pour identifier les différentes phases porteuses de l'arsenic. Un suivi hydrogéochimique approfondi a par ailleurs été réalisé de façon a appréhender l'évolution spatiale et temporelle de l'hydrodynamique et de la chimie des eaux du site. Parallèlement, une approche biogéochimique a été menée sur l'ensemble du site pour évaluer l'influence du facteur microbiologique sur le transfert de l'arsenic.

Au total, ces travaux ont d'abord permis de caractériser le cortège minéralogique présent sur le site, puis de distinguer différents types d'eaux de compositions chimiques très contrastées. Ces compositions se répartissent entre des eaux acides et oxydées (pH aux alentours de 3) et des eaux plus réduites qui présentent des valeurs de pH supérieur à 7. Les variations de pH et Eh se traduisent directement au niveau des rapports As(III)/As(V), Fe(II)/Fe(III) et S(IV)/S(VI). Du point de vue microbiologique, cette étude a permis d'identifier deux populations bactériennes capables de réduire et d'oxyder l'arsenic (populations CAsO1 et CAsR1). L'ensemble des données hydrogéochimiques a par ailleurs été intégré dans une approche de modélisation du transport réactif de l'arsenic permettant de simuler divers types de scénarios d'évolution et ainsi de mieux comprendre le transfert de cet élément à l'échelle du site.

Contributions respectives de la macro- et de la microporosité dans le transfert de phytosanitaires au travers de lysimètres de taille décimétrique : expérimentations de laboratoire et modélisation
BRGM/RP-51635-FR - 2002

L'influence des écoulements préférentiels au sein de la macroporosité sur le transfert des solutés, en particulier les phytosanitaires dans les sols, est souvent décrite ou invoquée pour expliquer la présence de phytosanitaires en bas des profils de sols ; cette influence est par contre rarement quantifiée. Afin de définir puis de modéliser les contributions respectives de la macro- et de la microporosité dans des sols agricoles, des expérimentations sur lysimètres ont été réalisées en conditions contrôlées de laboratoire.

Cette étude menée a comporté deux volets. La première année a porté sur une caractérisation fine des sols et des processus de sorption des phytosanitaires et a permis de réaliser quelques essais préliminaires de percolation. La deuxième année, à laquelle se rapporte ce présent rapport, a été consacrée au suivi de la restitution des molécules phytosanitaires -marquées au carbone 14- et à un traceur conservatif sur plusieurs lysimètres en s'appuyant notamment sur l'utilisation de sondes TDR.

Impact de l'activité industrielle sur la qualité de la nappe de la craie (champs captants du sud de Lille – Nord)

BRGM/RP-52101-FR – Avril 2003

Cette étude, située dans le cadre du projet POLD05 destiné à évaluer l'incidence d'un ensemble d'activités industrielles sur la qualité de la nappe de la craie au sud de Lille, a permis d'estimer, de façon simplifiée, le pourcentage de polluants métalliques ou organiques arrivant à la nappe après percolation à travers la zone non saturée (ZNS) hétérogène située au-dessus de la nappe, au droit d'un échantillon de sites industriels représentatifs.

Les concentrations de polluants ainsi modélisées, arrivant à la nappe au cours du temps, sont ensuite utilisées comme termes source pour la modélisation du transport dans la nappe elle-même jusqu'aux champs captants de la zone d'étude (rapport Antea 25395).

Les modélisations réalisées sur la base de l'hypothèse du coefficient de partage solide/liquide kd ont conduit aux résultats suivants :

- les polluants métalliques considérés (cadmium et zinc) restent confinés dans les premiers centimètres du sol ; ainsi malgré une concentration de recharge constante de 100 mg/l pendant les trente-six années d'observation des évolutions hydroclimatiques et hydrogéologiques, on ne simule aucune pollution à partir d'une profondeur d'environ 1,5 m ;

- les polluants organiques, dont les kd sont beaucoup plus faibles, se propagent davantage pendant la période d'observation de trente-six ans.

La concentration finale à la nappe est très variable selon les sites; en effet, elle dépend des caractéristiques de la ZNS et de la profondeur de la nappe au droit du site, ainsi que de la date de démarrage de l'activité. Ainsi pour un kd de 0,1 l/kg représentant le minimum mesuré pour le naphtalène, la concentration finale est proche de 70 mg/l au droit du site 3 mais ne dépasse pas 10-8 mg/l au droit du site 4. Pour un kd de 1,55 I/kg correspondant à une valeur moyenne faible pour le benzène et le toluène, le maximum de la concentration finale est de l'ordre de 1 mg/l au droit du site 3. Des simulations prévisionnelles ont ensuite été réalisées pour les polluants organiques sur la base du kd de 1,55 l/kg, pour une durée complémentaire de trente-six ans répétant le même cycle hydrologique ; on constate alors que, bien que les concentrations de départ soient assez faibles soit, au maximum, de l'ordre de 1 mg/l au site 3, l'augmentation au cours des trente-six années supplémentaires peut être très importante: on obtient ainsi de l'ordre de 22 mg/l au droit du site 3 et de l'ordre de 2 mg/l au droit des sites 2 et 7.

II faut donc rester prudent et se souvenir que le coefficient de partage ne rend pas compte d'une dégradation du polluant mais simplement d'un retard à la propagation : à terme plus ou moins éloigné, toute la pollution finira par arriver à la nappe. Par ailleurs, cette hypothèse du coefficient de partage kd est une approche simplificatrice qui ne rend pas compte de l'ensemble des mécanismes chimiques complexes qui gouvernent la propagation des polluants, qu'ils soient de type métallique ou organique. Une analyse prenant en compte tous ces aspects relève encore de la recherche en ce qui concerne la modélisation couplée transport-chimie. De plus, elle nécessiterait des investigations analytiques et expérimentales beaucoup plus lourdes que celles qui ont été mises en œuvre dans le cadre de cette étude. Avant de pouvoir songer à entreprendre ce genre d'analyse, il serait indispensable d'avoir une meilleure connaissance des données nécessaires à la modélisation du transport telles que la répartition réelle des polluants en surface ainsi que des évolutions au cours du temps de leur concentration dans les sols et dans la nappe.

5.4 Les techniques de traitement et de dépollution

Identification et gestion des sites pollués

ADEME, PNUE, Ministère des Affaires étrangères, Ministère du développement durable – Novembre 2006

L'objectif de ce guide est d'apporter des réponses à la problématique des sites pollués dans les pays émergents ou en développement, problématique dont on ne mesure pas toujours l'ampleur. Il vise à sensibiliser les décideurs et à faciliter le développement et la mise en œuvre rapide de politiques de prévention, de gestion et de réhabilitation des sites pollués. Avec le soutien des ministères français des affaires étrangères, de l'écologie et du développement durable, l'ADEME et le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) ont conçu et édité cet ouvrage (document de synthèse, guide complet, transparents de présentation) pour faire part de leur expérience, au bénéfice notamment des pays émergents ou en développement.

SelecDEPOL - Outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution

Pour une entreprise, la pollution des sols impacte lourdement l'environnement ainsi que la qualité du site. Un outil d'aide à la décision est mis à disposition des entreprises pour répondre aux questions de gestion des sites pollués. De nombreuses entreprises ont une activité qui malgré les mesures de prévention, peut avoir de graves conséquences sur l'environnement. L'utilisation de produits dangereux, notamment sous la forme liquide, est très réglementée. Mais une erreur de manutention ou bien une vétusté technique de certains matériels ou bâtiments peuvent entraîner des fuites ou des déversements accidentels. Les sols sont alors contaminés et des pollutions parfois extrêmement graves peuvent survenir, par infiltration des nappes phréatiques, écoulement dans le réseau fluvial ou bien en mer lors d'une situation littorale de l'entreprise. À ces impacts environnementaux viennent parfois s'ajouter des risques sur la santé publique et, souvent, des conséquences juridiques et financières lourdes. La valeur du patrimoine de l'entreprise est également impactée par l'atteinte portée à la qualité de son site. Pour répondre aux questions des entreprises concernant la gestion des sites pollués, et en particulier la mise en œuvre des techniques de traitement, l'ADEME et le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) ont élaboré SelecDEPOL, un outil interactif d'aide à la décision et à la gestion des sites pollués.

Traitabilité des sols pollués : Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances
ADEME – 15 octobre 2009

La méthode « traitabilité » est une méthode discriminante de sélection et d'évaluation préalable des techniques afin de permettre de sécuriser le choix des filières de décontamination et le respect des objectifs de dépollution.

Techniques de traitement par voie biologique des sites pollués
ADEME - Réf. N° 2468 - 1998

Etat de l'art des techniques de traitement par voie biologique des sols pollués par une large gamme de composés chimiques, cet ouvrage contient une synthèse des différents procédés biologiques et des recommandations pour leur application. Des exemples de traitement par type de procédé sont présentés sous forme de fiches.

Procédés de confinement appliqués aux sites pollués
ADEME - Réf. N° 2461 – 1999

Cet ouvrage fournit un état de l'art en matière de matériaux et de technologies utilisables pour le confinement de sites pollués et de modalités de mise en œuvre sur le terrain. Des fiches de cas complètent l'ouvrage.

La désorption thermique des sols pollués – État des techniques en 1998
ADEME - Réf. N°3283 - Décembre 2001

Ce guide technique présente le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit la désorption thermique, les principaux phénomènes physiques et chimiques qui interviennent au cours du procédé, les différentes technologies.

Etat de l’art sur la technique de la dépollution des sols et des eaux souterraines par oxydation in situ
BRGM – Réf. N°RP-54096-FR - Décembre 2005

Cette étude réalisée en partenariat entre l'ADEME et le BRGM a pour objectif l'identification des critères et des limites d'application de la technologie d'oxydation in situ.

Taux d'utilisation et coûts des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines en France
ADEME – Ernst & Young - 2012

L’objectif de cette étude est d’apporter un éclairage précis sur les taux d’utilisation et les coûts des techniques et filières de traitement et de gestion des sols et eaux souterraines pollués sur le marché français. En synthèse, les résultats de cette étude montrent que les acteurs de la dépollution ont connu une année 2010 marquée par une reprise progressive de l’activité, suite à la crise économique et financière de 2008.

La quantité de terres polluées traitées en France en 2010 est estimée à 3 700 000 tonnes. Près de la moitié de ces terres est envoyée en centre de stockage de déchets. Concernant les techniques de traitement, il apparaît que plus de 60 % des terres sont traitées soit dans une installation de traitement biologique hors site, soit *in situ* par venting/bioventing.

La quantité d’eaux souterraines traitées en France en 2010 est estimée à 7 023 000 m^3. La technique *in situ* la plus utilisée en 2010 est la bioaugmentation avec plus de 75 % des volumes traités *in situ*. En ce qui concerne le traitement sur site, la technique sur site la plus sollicitée a été le pompage suivi d’une adsorption sur charbon actif qui a concerné près de 35 % des volumes traités

Traitabilité par des méthodes physiques, chimiques et biologiques de sols contaminés
BRGM/RP-52065-FR – Décembre 2002

Ce rapport présente une synthèse bibliographique qui présente l'état de l'art des essais de traitabilité pour des procédés par des techniques physiques ou physico-chimiques, chimiques et biochimiques. Les principes des procédés sont présentés, ainsi que les paramètres principaux d'évaluation de la traitabilité de sols et les paramètres limitant la traitabillité.

Les résultats des essais réalisés par le BRGM sur quatre sols qui lui ont été confiés sont présentés dans quatre chapitres. Ils permettent d'évaluer l'applicabilité des méthodologies de traitement testées par le BRGM. Des paramètres communs ont été choisis, comme par exemple, la cinétique d'extraction du polluant et le taux d'extraction final. Notamment, lorsqu'un test à l'échelle pilote a eu lieu, les conditions de ce test d'évaluation de performances permettent de calculer la vitesse d'extraction du polluant métal ou métalloïde dans la phase liquide. Cette vitesse et la concentration initiale en polluants dans le sol permettent d'estimer la durée du traitement. L'analyse chimique finale du sol permet de déterminer le taux d'extraction du polluant. Ce taux d'extraction est comparé à l'objectif de traitement et une conclusion est émise sur l'application de la méthode testée au sol traité.

Etude de la précipitation de certains métaux, contenus dans des solutions complexes, par l'hydrogène sulfuré
BRGM/RR-40554-FR – Mars 1999

Ce travail fait partie intégrante du projet " Biotechnologies Appliquées à l'Environnement", Bioenv - PRD 605, concernant la mise en œuvre des bactéries sulfato-réductrices pour le traitement des sols et des effluents pollués par des métaux. Le but de cette étude est la mise au point d'une méthodologie de précipitation sélective ou non de métaux dissous, par l'hydrogène sulfuré qui sera intégrée dans un procédé global de traitement d'effluents. Ces derniers peuvent provenir de la biohydrométallurgie, du drainage acide de mines, du traitement de surfaces métalliques et de la lixiviation (lavage à l'eau ou chimique) des sols pollués par les métaux.

Les objectifs fixés sont doubles : tout d'abord éliminer les métaux dissous, même pour des concentrations faibles et dans un deuxième temps, les récupérer sélectivement, au moins pour ceux d'entre eux présents en quantité importante et dont le traitement sous forme de sulfures pourrait s'avérer rentable. La précipitation des métaux sous forme de sulfures ayant abondamment été étudiée, l'objectif ici n'est pas de réaliser de la recherche fondamentale sur ce sujet mais d'acquérir un savoir-faire et des cinétiques de précipitation pour traiter des solutions réelles.

La complexité des réactions mises en jeu, dans le cadre des solutions plurimétalliques, ne permettant pas une généralisation immédiate des conditions de précipitation, chaque cas est à étudier séparément.

C'est pourquoi, nous avons ciblé notre travail sur quelques effluents miniers aux propriétés intéressantes pour lesquels nous avons cherché des solutions de traitement adéquates. Les expériences réalisées ont permis de tester notre appareillage, d'effectuer un dégrossissage des conditions opératoires et enfin d'appréhender certains problèmes résiduels. Elles seront très utiles pour le couplage de la précipitation au pilote de production biologique de H_2S par les bactéries sulfato-réductrices.

Traitement in situ du chrome hexavalent contenu dans un sol industriel non saturé : procédé d'immobilisation par l'hydrosulfite de sodium

BRGM/RP-53164-FR – Juin 2004

Le chrome est depuis longtemps l'un des métaux les plus largement utilisés dans l'industrie (traitement des métaux, tannerie, etc.), de ce fait, il existe de nombreux sites en France présentant une pollution du sol liée au chromate, la forme hexavalente du chrome. Ce polluant métallique soluble et toxique peut causer de graves nuisances pour la qualité des eaux.

C'est dans ce contexte que le BRGM et la société TVD, avec la participation de l'ADEME et de la société HISPANO-SUIZA (Groupe SNECMA) ont mis au point le procédé CHROMSTAB' de dépollution in situ de sols contaminés par des chromates. Le concept du procédé consiste à réduire le chrome hexavalent et à l'immobiliser sur place sous forme de chrome trivalent, dans la zone non saturée du sol. Un chantier pilote a été réalisé avec succès fin 2003 pour tester les performances techniques et économiques du procédé dans des conditions réelles. Le procédé de stabilisation in situ du chrome se pose comme une alternative économique à l'excavation suivie d'un traitement hors sol ou d'un stockage. Les coûts de traitement sont évalués de 3 à 5 fois plus économique par rapport à une excavation et mise en décharge. II s'agit là d'une première européenne. Ce rapport est l'aboutissement technique d'une partie d'une étude, initiée et poursuivie dans le cadre de la convention BRGM-ADEME n° 0172029 du 3 décembre 2001 et du contrat de Recherche en Partenariat Industriel (RPI) n° 110 du 25 octobre 2001 entre le BRGM et HISPANO-SUIZA (groupe SNECMA).

Le projet initial avait pour ambition de tester en grandeur nature la bioremédiation du sol in situ en injectant des solutions chargées en sulfures, en bactéries sulfatoréductrices et en nutriments. Cependant, du fait de la présence de concentrations très importantes de Cr(VI) et vu les quantités d'eau nécessaires pour maintenir toute la zone polluée en saturation sur une durée compatible à la croissance de microorganismes, il a alors été envisagé de traiter rapidement la plus grande partie de la pollution par injection de sulfures chimiques, puis de terminer le traitement par injection d'une solution bactérienne. Après des expérimentations au laboratoire avec du Na2S, rédaction d'un cahier des charges et obtention d'une proposition technique et financière de réalisation sur site, il a été conclu à la non faisabilité d'une telle opération à la fois pour des raisons de sécurité et à cause d'aspects cinétiques et thermodynamiques...

Traitement biologique des sols pollués : recherche et innovation

ADEME – Février 2006

Cette étude vise à dresser un état de la recherche et de l'innovation française dans le domaine des techniques biologiques de traitement des sols pollués. Comparée à la situation internationale, la recherche française peut être qualifiée en huit constats :

- une recherche de qualité ;
- des techniques combinées pour innover ;
- un réseau d'acteurs informel ;
- le transfert technologique en panne ;
- une politique de recherche encore timide ;
- des financements assez faibles ;
- des sites pilotes peu nombreux ;
- la communication et les sites de démonstration à développer.

Certains aspects de la recherche gagneraient à être améliorés, comme le fonctionnement en réseau des acteurs, les expérimentations de terrain pour valider les résultats de laboratoire, l'accès à des sites pollués pour la recherche, les projets pluridisciplinaires. L'ADEME a donc élaboré un plan d'action visant quatre actions prioritaires pour soutenir l'optimisation et le développement de techniques de traitement innovantes.

Les exopolymères bactériens : synthèse bibliographique
BRGM/RP-51637-FR - 2002

Il est aussi démontré que cette thématique peut avoir d'autres applications possibles, notamment dans le domaine de la bioremédiation des environnements pollués en métaux lourds.

Cette synthèse montre qu'une grande majorité des micro-organismes se développent sous forme agrégée et se fixent sur une matrice à l'aide de composés (ou substances) polymériques extracellulaires, communément appelés EPS (Extracellular Polymeric Substances). Leur composition chimique est très variée, et parmi ces composés, les polysaccharides constituent la principale composante.

Néanmoins, des protéines, des acides nucléiques et des (phospho) lipides ont également été recensés. La libération des EPS à l'extérieur de la bactérie peut se réaliser par des processus différents : secrétions actives, libération spontanée à la surface cellulaire ou libération de vésicules membranaires, lyses cellulaires...

Les études des EPS et de leurs fonctions nécessitent l'utilisation de méthodes et techniques assez diverses qui peuvent être assez délicates à mettre en place à cause de la complexité de l'organisation et de la composition des bio-agrégats. Des étapes d'extraction, de purification et d'analyses des EPS basées sur des compétences de microbiologie, de biochimie, de physique, de microscopie, et d'électrochimie sont nécessaires.

L'ensemble des données montrent que les EPS sont les principaux responsables de la structure des biofilms. Ils sont également impliqués dans les processus de lixiviation, de corrosion, de détérioration et de sorption d'éléments tels que les métaux. Ils sont aussi responsables de la résistance des micro-organismes à certains biocides. Leurs nombreuses propriétés en font des composés pouvant avoir des applications dans les domaines de l'environnement, de l'industrie alimentaire, de la cosmétique, de la médecine et de la pharmacologie...

5.5 Communication et concertation avec les parties prenantes

Site Internet COMRISK (www.comrisk.fr) sur l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site ou sol pollué
Etude INERIS-IRSN pour l'ADEME, avec l'InVS / Cire Ile de France - 2008

Cette étude propose à tous les acteurs des informations, une démarche, des méthodes, des outils et des supports conviviaux, pour la conception, l'organisation et la mise en œuvre d'un dialogue avec les populations, pour les sites pollués et au-delà pour d'autres questions locales de risques liés à l'environnement : décharges, installations classées, …

Ce dialogue permet une gestion du site de meilleure qualité, plus complète, répondant mieux aux attentes, et ainsi plus durable.

Ces travaux ont abouti aux documents suivants :

- Etat de l'art : enquêtes de retour d'expérience auprès des différentes parties, enquête de perception auprès des populations, état des connaissances et des pratiques,
- Supports de communication sur l'évaluation et la gestion d'un site pollué : brochures et poster, transparents, supports d'événement,
- Guide: fondements, stratégies, préconisations pratiques, Foire Aux Questions (FAQ), plan d'implication des populations, et divers autres supports pour la mise en œuvre,
- Enquête sur la perception des sols pollués : cette enquête qualitative exploratoire a été menée par interview des populations dans des territoires concernés par une pollution des sols "appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif" (base de données BASOL),
- Protection des usagers et des riverains dans la gestion d'un site pollué (brochure de 14 pages).

Sur le site Internet de l'étude, les fiches de préconisations et de FAQ peuvent être consultées une à une. Certains supports et outils sont proposés en kits réutilisables : les transparents sur l'évaluation et la gestion d'un site pollué, le texte de la brochure de 14 pages, un exemple de "message map", un plan d'implication des populations et son diagramme de Gantt.

Des documents sources majeurs sont également mis à disposition ou référencés.

6 Les approches sectorielles harmonisées

Remise en état de sites d'usines d'incinération d'ordures ménagères : guide à l'usage des opérateurs techniques

BRGM – Réf. N° RP-53373-FR – Octobre 2004

Les questions autour de la remise en état des sites de petits incinérateurs fermés au cours des dernières années (du fait de l'évolution réglementaire) étant souvent similaires, il a semblé utile de proposer un guide méthodologique à l'usage des acteurs concernés, exploitants de ces anciennes unités, riverains, et des administrations chargées d'évaluer les dossiers présentés. La visite d'une quinzaine de sites concernés et l'analyse des opérations déjà entreprises permettent en effet de dégager les grands axes d'intervention à retenir, pour le devenir des résidus d'incinération encore présents sur le site et pour le démantèlement des bâtiments.

Stations service autoroutières - approche méthodologique harmonisée – Guide de mise en œuvre

ANTEA – Réf. N° A 37808/C – Décembre 2006

A partir de la fin 2005 et jusqu'à 2015, environ 300 stations services autoroutières verront leurs contrats de concession arriver à échéance. Elles doivent alors faire l'objet d'une remise en concurrence qui pourra conduire à un changement d'exploitant.

Dans ce contexte, les sociétés exploitantes du réseau autoroutier français ont conjointement confié à la société ANTEA le soin de mettre au point une approche méthodologique harmonisée s'agissant de la gestion des aspects liés à la pollution des sols. La partie du travail relative à la détermination des objectifs de dépollution a été expertisée par le BRGM et l'INERIS, et examinée par les services du Ministère du développement durable.

La circulaire du Ministère du développement durable du 14 décembre 2005 Réf. BPSPR/2005-400/DG précise les modalités de mise œuvre de cette approche méthodologique harmonisée.



Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
Grande Arche - Tour Pascal A et B
92055 La Défense CEDEX
Tél : 01 40 81 41 22 – www.developpement-durable.gouv.fr